

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Využití obnovitelných zdrojů energie v hotelu

Utilization of Renewable Energy Sources in the Hotel

Student: Adam Raszyk
Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Adam Raszyk**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3907R004 Provoz a řízení v energetice
Téma: **Využití obnovitelných zdrojů energie v hotelu**
Utilization of Renewable Energy Sources in the Hotel

Zásady pro vypracování:

Zpracujte posouzení možného využití obnovitelných zdrojů energie v hotelu s kapacitou 50 osob.
Práce bude obsahovat:

1. Rešerši stávajících aplikací obnovitelných zdrojů v hotelech
2. Popis současného stavu energetického hospodářství hotelu, kapacitní a bilanční výpočty
3. Variantní návrh opatření
4. Porovnání variant z ekonomického a environmentálního hlediska
5. Grafickou část - Schéma zapojení vybraného opatření do stávajících energetických rozvodů

Seznam doporučené odborné literatury:

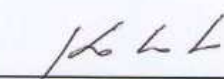
KAMINSKÝ J., VRTEK M. *Obnovitelné zdroje energie*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998. 102 s. ISBN 80-7078-445-8
DVOŘÁK Z., KLAZAR L., PETRÁK J. *Tepelná čerpadla*. Vyd. 1. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987. 339 s.
CIHELKA, J. *Solární tepelná technika*. Praha: Malina, 1994. 203 s. ISBN 80-900759-5-9.
TURNER W. C. *Energy Management Handbook*. 3. vyd. Lilburn: The Fairmont Press, Inc., 1997. 40 s. ISBN: 0-13-728098-X.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



prof. Ing. Pavel Kolat, DrSc.
vedoucí katedry





prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 19. 5. 2010

Adam Ranyk

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 19. 5. 2010

Adam Raszyk

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Adam Raszyk

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Františka Hajdy 16/1233

Ostrava - Hrabůvka

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

RASZYK, A. *Využití obnovitelných zdrojů energie v hotelu : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2010, 53 s. Vedoucí práce: Vrtek, M.

Bakalářská práce pojednává o využití obnovitelných zdrojů energie v hotelu. Zaměřuje se na způsoby využití těchto energií pro teplovodní vytápění a přípravu teplé užitkové vody. Nezabývá se spotřebou, výrobou, optimalizací a využitím elektrické energie. Nízkopotenciální zdroje tepla - půda a vzduch - jsou využity pomocí tepelného čerpadla, sluneční energie je přeměňována na teplo pomocí slunečních kolektorů. V praktické části je variantně navrženo využití uvedených zdrojů aplikovaných na hotel lázeňského typu, který je charakteristický velkou spotřebou tepla pro ohřev teplé užitkové vody. U všech hodnocených ekonomických variant vychází návratnost investice v rozmezí 8 - 11 let. Vzhledem k výsledkům ekonomického vyhodnocení se doporučuje zvážit možnosti využití obnovitelných zdrojů i v jiných zařízeních obdobného typu.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

RASZYK, A. *Utilization of Renewable Energy Sources in the Hotel : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2010, 53 p. Thesis head: Vrtek, M.

This Bachelor Thesis deals with the utilization of renewable energy sources in hotel premises. It is focused on ways for using the renewable sources for water heating and the preparation of hot water for industrial purposes. The thesis is not focused on consumption, production, optimization and utilization of the electric power. The low-potential sources of heat as soil and air are utilized thanks to a thermal pump. Solar collectors contribute to the transformation of the solar energy into heat. In the practical part of the thesis, there is a variant proposal for the use of the above mentioned sources. It is applied on a spa hotel which is typical by its high consumption of heating energy for the purpose of water heating. The return on investment is approximately between 8 – 11 years in all the economic variants. Taking into account the results of the economic evaluation, it is recommended to consider the possibility of the utilization of renewable sources in other similar facilities.

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Mojžíru Vrtkovi, Ph.D., který mě svými radami, připomínkami a praktickými zkušenostmi vedl při vypracování bakalářské práce.

19.5.2010

Adam Rásky

OBSAH:

1.	Seznam použitých značek a symbolů	9
1.1	Seznam použitých značek	9
1.2	Seznam použitých zkratk.....	10
2.	Úvod.....	11
3.	Obnovitelné zdroje energie	11
3.1	Energie Slunce	13
3.1.1	Přeměna solární energie na teplo	14
3.1.2	Přeměna solární energie na elektřinu	15
3.2	Energie Země.....	15
3.2.1	Energie prostředí.....	15
3.2.2	Geotermální energie.....	19
4.	Rešerše stávajících aplikací	20
5.	Hotel Komorní Hůrka – stávající stav	22
5.1	Charakteristika objektu	22
5.2	Zásobování teplem.....	22
5.2.1	Dispoziční řešení hotelu.....	23
5.2.2	Zásobování hotelu teplem a teplou užitkovou vodou	24
5.3	Kapacity, potřeby tepla a výpočtové údaje	25
5.3.1	Základní výpočtové údaje.....	25
5.3.2	Potřeby tepla – Objekt A	26
5.3.3	Potřeby tepla – Objekt B.....	26
5.3.4	Potřeby tepla – Objekt A a B celkem.....	27
5.3.5	Kotelna 1	27
5.3.6	Kotelna 2.....	29
5.3.7	Kotelna 3.....	30
6.	Hotel Komorní Hůrka - Návrh využití obnovitelných zdrojů energie.....	31
6.1	Varianta 1 – Solární termický kolektor.....	32
6.1.1	Výpočtové vztahy a rovnice	33
6.1.2	Varianta 1.1 - Vstupní výpočtové údaje	35
6.1.3	Varianta 1.1 – Vypočtené hodnoty	36

6.1.4	Varianta 1.2 - Vstupní výpočtové údaje	38
6.1.5	Varianta 1.2 – Výsledky výpočtů.....	39
6.2	Varianta 2 – Tepelné čerpadlo	41
6.2.1	Varianta 2.1 - Tepelné čerpadlo vzduch-voda	42
6.2.2	Varianta 2.2 - Tepelné čerpadlo země-voda	43
6.3	Varianta 3 – kombinace slunečního kolektoru a tepelného čerpadla	44
7.	Ekonomické a environmentální vyhodnocení variant	45
7.1	Ekonomické vyhodnocení	45
7.1.1	Využití solární energie.....	45
7.1.2	Využití solární energie a tepelného čerpadla země - voda.....	47
7.2	Environmentální vyhodnocení.....	48
8.	Závěr	52
9.	Seznam použité literatury	53

1. Seznam použitých značek a symbolů

1.1 Seznam použitých značek

Značka	Veličina	Rozměr
A	redukováná teplota	-
G _{gk}	intenzita záření	Wm ⁻²
P _{TC}	příkon TČ	kW
Q _B	topný výkon TČ v bivalentním bodě	kW
Q _k	měrný tepelný výkon kolektoru	Wm ⁻²
Q _{CH}	chladicí výkon TČ	kW
Q _m	potřeba tepla pro přípravu TUV	kWhrok ⁻¹
Q _N	topný výkon čerpadla	kW
Q _s	maximální zisk ze systému	Wm ⁻²
Q _{ÚT}	tepelná ztráta budovy	kW
Q _{TUV}	výkon zdroje pro ohřev TUV	kW
Q _Z	topný výkon bivalentního zdroje tepla	kW
S	plocha	m ²
Z	faktor doby blokování	-
a ₁	lineární součinitel tepelné ztráty	Wm ⁻² K
a ₂	kvadratický součinitel tepelné ztráty	Wm ⁻² K ⁻²
c _{H2O}	měrná tepelná kapacita vody	JK ⁻¹ kg ⁻¹
k	koeficient ztrát	-
m _m	spotřeba vody	kg
q _z	měrný výkon jímání	Wm ⁻²
t ₁	vstupní teplota studené vody	°C, K
t ₂	výstupní teplota vody	°C, K
t _s	střední teplota vody	°C, K
Δt	rozdíl teplot	°C, K
η ₀	optická účinnost kolektoru	%
η _k	účinnost kolektoru	%

1.2 Seznam použitých zkratk

Zkratky

ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
NP	nadzemní podlaží
T	technologie
TUV	teplá užitková voda
ÚT	ústřední topení
VZT	vzduchotechnika
apod.	apodobně
č.	číslo
m	metr
např.	například
příp.	případně
r.	rok
resp.	respektive
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
tab.	tabulka
tzn.	to znamená
vč.	včetně
zn.	značená

2. Úvod

Energetická náročnost budov a spotřeby energií na vytápění a ohřev teplé užitkové vody jsou jedny ze základních témat ekonomiky provozování objektů. Jednou z možností jak snížit náklady na energie je posoudit a navrhnout zařízení využívající obnovitelné zdroje energií.

Předmětem bakalářské práce na téma „Využití obnovitelných zdrojů energie v hotelu“ je zpracování přehledu možností využívání alternativních zdrojů energie, rešerše současného využívání těchto zdrojů v hotelech a konkrétní návrhy na využití obnovitelných zdrojů v hotelu lázeňského typu.

Práce se zaměřuje výhradně na způsoby využití energií pro teplovodní vytápění a přípravu teplé užitkové vody v jednotlivých provozech a objektech hotelu, kterými jsou vlastní ubytovací část s jednotlivými pokoji, restaurace, kuchyně, lázeňská část hotelu tvořená balneo provozem, bazénem s wellness částí a fitness centrem.

Bakalářská práce se nezabývá spotřebou, výrobou, optimalizací a využitím elektrické energie.

3. Obnovitelné zdroje energie

Podle českého zákona o životním prostředí jsou obnovitelné zdroje definovány takto: *„Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.“* [13]

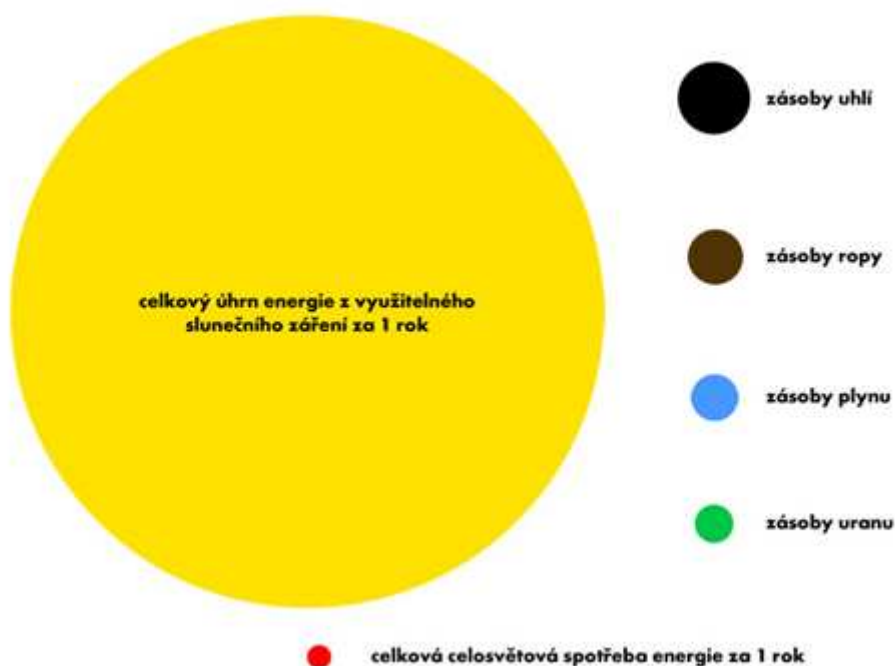
Jako obnovitelné zdroje energie označujeme ty zdroje, které neustále vytváří příroda svou činností. Jsou částí primárních zdrojů energie. Za obnovitelné zdroje energie považujeme energii větru, slunce, vody, biomasy, moří a geotermální energii.

Potřeba a spotřeba energií neustále narůstá. Člověk až donedávna využíval pro výrobu energií zejména fosilní paliva – uhlí, ropu, zemní plyn. Technologie pro výrobu energie z jaderného paliva zaznamenaly rozvoj v druhé polovině minulého století.

Využíváním obnovitelných zdrojů energií, jejichž hlavní nevýhodou jsou značné investiční náklady na pořízení zařízení a technologií pro zpracování a přeměnu těchto zdrojů, se snižuje spotřeba klasických fosilních paliv. Hlavní výhodou využívání obnovitelných, ekologicky čistých zdrojů je pak snižování emisí a prodloužení doby využitelnosti neobnovitelných zdrojů energie.

Jedním z hlavních znaků obnovitelných zdrojů je pak nestejnoměrnost geografického rozmístění a nestejnoměrná intenzita v čase, a to v průběhu dne i roku.

Energetický potenciál zdrojů a jejich zásoby jsou znázorněny na obr. 1.



Obr. 1. Energetický potenciál zdrojů a jejich zásoby [9]

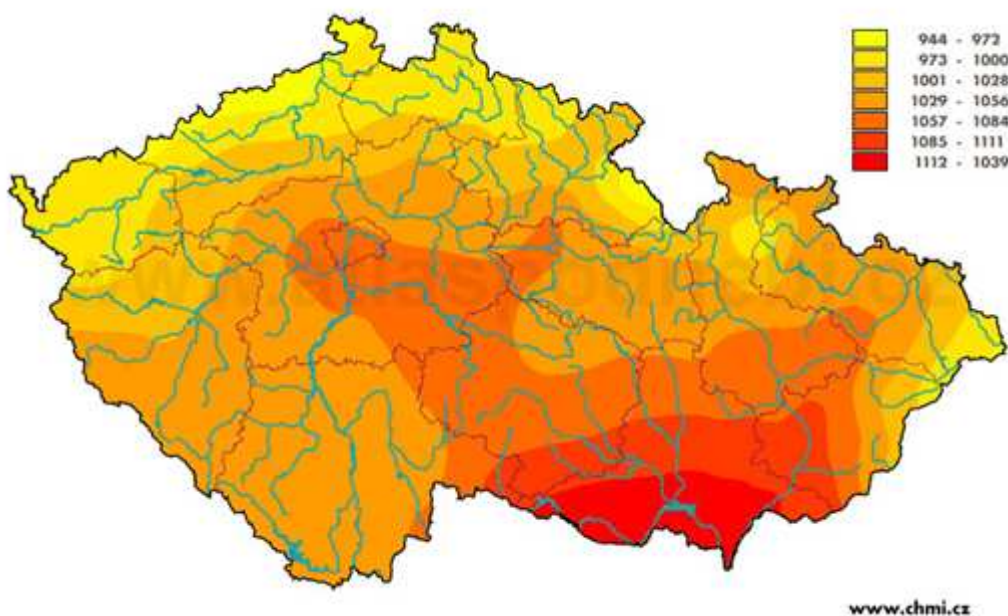
3.1 Energie Slunce

Zpracováno s použitím zdrojů [2], [3], [6], [9], [10].

Energie Slunce je základní a nejdůležitější formou energie na Zemi, téměř veškerá energie Země pochází ze Slunce. Slunce předává svou energii na Zemi zářením v celém rozsahu spektra od rentgenového po rádiové záření, z něhož nejdůležitější je záření světelné a infračervené.

Sluneční energie se využívá přímo k výrobě tepla, chladu nebo elektřiny. Jako nepřímou sluneční energií můžeme označit energii vody, větru a energii, která je uložena v rostlinách a jiné živé hmotě – biomase.

Průměrný roční úhrn slunečního svitu na území České republiky je znázorněn na obr. 2.



Obr. 2. Roční průměrný úhrn slunečního záření [kWhm^{-2}]

3.1.1 Přeměna solární energie na teplo

Sluneční energii můžeme přeměnit na energii tepelnou dvěma způsoby, a to buď pasivně anebo aktivně. Za pasivní přeměnu považujeme různá architektonická a technická řešení staveb, aktivní formou získávání energie ze Slunce je její přeměna pomocí slunečních kolektorů.

Při pasivní přeměně sluneční energie na tepelnou nejsou využívána žádná technická zařízení. Architektonicko-technické řešení využívá sluneční záření, dopadající do interiéru okny se současným maximálním využitím tepelných zisků i v ostatních, neosluněných částech objektu. Systém musí být tepelně vyvážený po dobu celého roku a musí být vyřešena všechna rizika tepelné zátěže během léta. Toto bývá zajištěno zejména odvětráním, cirkulací vzduchu a akumulací tepla do stavebních konstrukcí.

Základním prvkem aktivních systémů jsou kolektory. Ty pracují na principu zachycení slunečního záření absorbérem a jeho přeměně na energii tepelnou, která je následně teplonosným médiem (kapalinou nebo vzduchem) dopravována do místa spotřeby nebo akumulována v zásobníku.

Při akumulačním způsobu využití sluneční energie bývá zásobník doplňkově ohříván např. elektrinou. Objem zásobníku musí odpovídat ploše a tím i tepelným ziskům kolektoru z důvodu dostatečné akumulace tepelné energie zejména v letním období.

Sluneční kolektory dělíme podle tvaru (např. na rovinné, parabolické válce apod.) a podle teploty, které absorbér dosahuje. Rovinné kolektory pracují s teplotami 60 až 200 °C při dosahované účinnosti 30-50%, u parabolických válců a paraboloidů je teplota 500 – 4000 °C a účinnost 50-75%. Z hlediska teplonosného média dělíme kolektory na kapalinové a vzduchové, resp. kombinované.

Solární kolektory se využívají zejména k celoroční přípravě teplé užitkové vody, vytápění budov teplovodním či teplovzdušným vytápěním a k ohřevu bazénové vody.

3.1.2 Přeměna solární energie na elektřinu

Přímá přeměna solární energie na elektřinu probíhá pomocí fotovoltaiických článků, které pracují na principu fotoelektrického jevu, kdy částice světla - fotony - dopadají na článek a svou energií z něho "vyráží" elektrony. Pomocí polovodičové struktury je pak pohyb elektronů uspořádán na využitelný stejnosměrný elektrický proud.

Solární článek je polovodičový velkoplošný prvek s alespoň jedním PN přechodem a v podstatě jde o polovodičovou diodu. Na rozhraní materiálů P a N vzniká přechodová vrstva, v níž existuje elektrické pole vysoké intenzity. Toto pole pak uvádí do pohybu volné nosiče náboje vznikající absorpcí světla. Vzniklý elektrický proud je z článku odváděn elektrodami.

Pro výrobu fotovoltaiických článků je používán monokrystalický, polykrystalický a amorfni křemík. Nejpoužívanější jsou články z monokrystalu křemíku při dosahované účinnosti asi 15%, dále pak články z polykrystalického křemíku, jejichž účinnost je 13-15%. Amorfni křemíkové články pracují s nejnižší účinností asi 5-9%, z hlediska výrobních nákladů jsou však nejvýhodnější.

3.2 Energie Země

Zpracováno s použitím zdrojů [1], [3], [5], [9], [10].

3.2.1 Energie prostředí

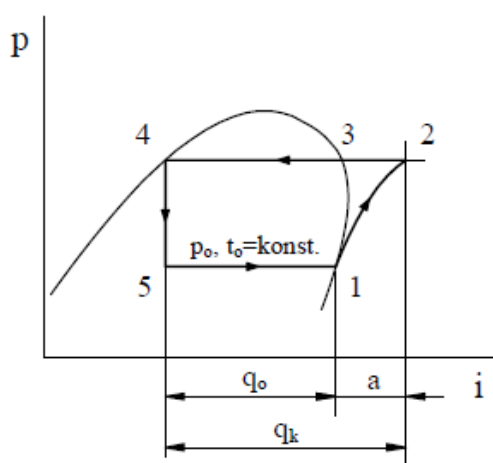
Jako energie prostředí je označována energie vzduchu, vody a půdy. Jedná se o nízkopotenciální energii, kterou nelze využívat přímo. Využití energie prostředí o nízké teplotě se děje pomocí energetických strojů – tepelných čerpadel.

Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla pracují na principu lednice. Ty odebírají výparníkum umístěným ve vnitřní části lednice teplo potravinám a předávají jej pomocí kondenzátoru, umístěným na zadní straně lednice, do místnosti. Podobně tepelná čerpadla odebírají nízkopotenciální teplo z okolního vzduchu, vody nebo půdy a převádí jej na vyšší teplotní hladinu.

V ideálním případě pracuje tepelné čerpadlo v obráceném Rankin - Clausiově cyklu. Teplo o nízké teplotě, získané z prostředí, se využije k odpaření pracovního média (chladiwa). Vzniklá pára je následně stlačena kompresorem a poté, díky dodané práci, dojde ke kondenzaci pracovní látky a uvolnění tepla o vyšší teplotě. Toto teplo je předáno topnému médiu.

Ke znázornění obráceného Rankin - Clausiova cyklu tepelného čerpadla je používán p-i diagram, znázorněný na obr. 3.

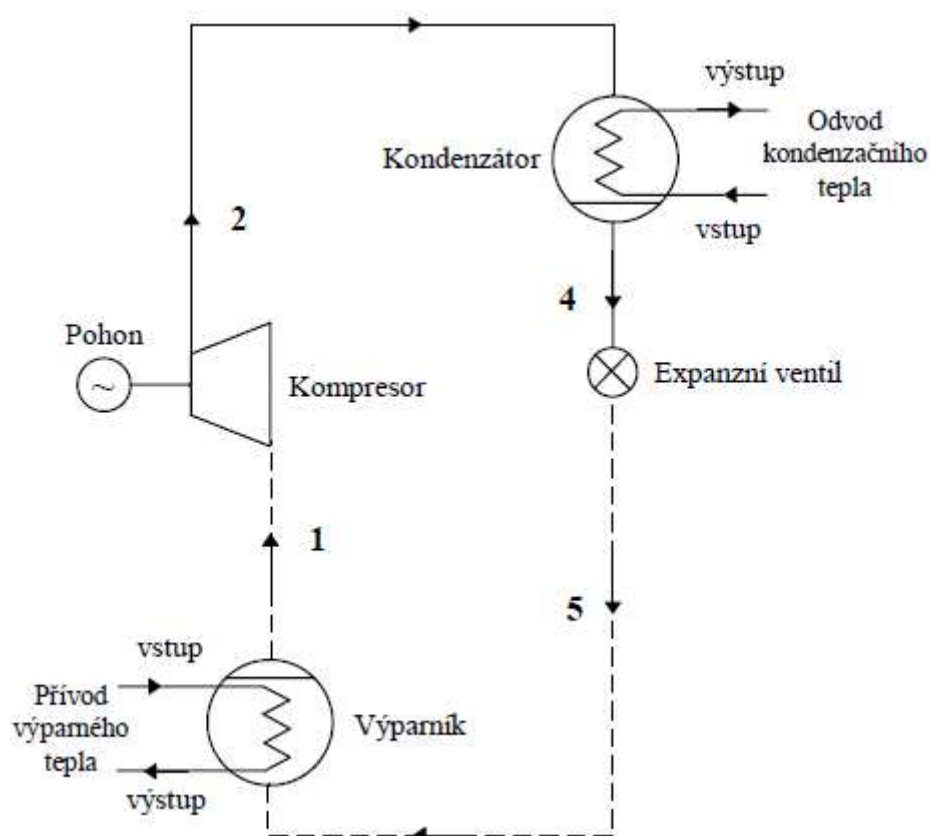


Obr. 3. Oběh tepelného čerpadla v p-i diagramu [3]

Základním parametrem výkonnosti tepelného čerpadla je topný faktor, který udává poměr mezi dodanou prací (zpravidla množství dodané elektrické energie pro pohon kompresoru) a vyprodukovaným teplem. Topný faktor závisí na vstupní a výstupní teplotě tepelného čerpadla a kolísá v průběhu roku.

Optimální provoz tepelného čerpadla je charakterizován vysokým topným faktorem při minimální spotřebě elektrické energie, pro který je potřeba zajistit co nejvyšší teplotu nízkopotenciálního zdroje tepla při co nejmenším rozdílu teplot na vstupu a výstupu tepelného čerpadla.

Schéma tepelného čerpadla poháněného elektromotorem je znázorněno na obr. 4.



Obr. 4. Schéma tepelného čerpadla poháněného elektromotorem [3]

Okolní vzduch

Z energetického hlediska jde o zdroj nízkopotenciálního tepla, který je neustále k dispozici a nachází se všude kolem nás. Pro jeho využití jsou určena tepelná čerpadla typu vzduch-voda nebo vzduch-vzduch, která jsou konstruována pro venkovní nebo vnitřní instalaci.

Ekonomická hranice využití vzduchových tepelných čerpadel je při venkovních teplotách -12 až -15 °C, při nižších teplotách dochází k výraznému snížení topného faktoru. Topný faktor dále snižuje i spotřeba energie na odstranění námrazy, která vzniká namrzáním kondenzující vzdušné vlhkosti na teplosměnné ploše výparníku čerpadla. Prakticky jsou tato čerpadla provozována při venkovních teplotách do dosažení bodu bivalence, který podle velikosti a typu čerpadla se pohybuje kolem -5 až -7 °C. Při poklesu venkovní teploty pod tento bod je v tepelné soustavě spínán doplňkový zdroj tepla, kterým bývají např. elektrické topné spirály nebo plynový kotel.

Elektrické topné spirály jako dodatečný zdroj tepla bývají často součástí dodávky tepelného čerpadla (zejména dodávaných v kompaktním provedení pro vnitřní instalaci). V tomto případě pak bývá tepelné čerpadlo označováno jako monoenergetický zdroj tepla, v případě zapojení do soustavy s cizím, samostatným zdrojem tepla (např. plynovým kotlem) je zdroj tepla označován jako bivalentní.

Odpadní vzduch

Při využívání energie odpadního tepla se ochlazuje vzduch odváděný větracím systémem objektu o relativně vysoké teplotě 18 až 24 °C. Zapojením tepelného čerpadla se dosahuje efektivního provozu i za podmínek, kdy běžně užívané systémy zpětného získávání tepla (rekuperace) nelze využít. Získané teplo se pak zpravidla využívá k opětovnému ohřevu vzduchu, méně časté je využití pro přehřev teplé užitkové vody nebo topné vody systému ústředního vytápění.

Povrchová voda

Nejčastěji je využívána voda z řek nebo rybníků. Tepelný výměník bývá umístěn přímo ve vodě nebo je zapuštěn do břehu. Pro využití energie z povrchových vod se nejčastěji používají tepelná čerpadla voda-voda, a to pro vytápění příp. přípravu teplé užitkové vody v objektech umístěných blízko zdroje povrchové vody. Teoreticky a technicky je možné přivádět vodu potrubím k tepelnému čerpadlu umístěnému ve větší vzdálenosti od zdroje a ochlazenou pak vypouštět zpět, prakticky se však tyto aplikace nevyskytují.

Podzemní voda

Základní podmínkou pro využití podzemních vod je geologicky vhodné podloží a dostatečná vydatnost podzemního zdroje. Voda se odebírá ze sací studny a po ochlazení v tepelném čerpadle se vypouští do druhé, takzvané vsakovací studny. Ochlazenou vodu lze za určitých podmínek vypouštět i do potoka nebo jiného toku, vhodných lokalit pro toto využití je však málo. I při této aplikaci se využívá tepelných čerpadel typu voda-voda.

Půda

Energie z půdy se získává tepelným čerpadlem typu země-voda. V půdě je umístěn výměník – kolektor, který tvoří potrubí z polyetylenu plněné nemrznoucí směsí (solankou). Kolektor se ukládá do nezamrzné hloubky, jednotlivé trubky kolektoru mají rozteč 0,8 m až 1,0 m. Plocha kolektoru bývá asi trojnásobkem vytápěné plochy a bývá projektována pro roční dobu provozu tepelného čerpadla v rozsahu 1800 až 2100 hodin. Při výrazném překročení této doby (tzn. při poddimenzování plochy kolektoru) dojde k vyčerpání tepelného potenciálu půdy v topném (zimním) období a půda se nestačí v průběhu letního období tepelně zregenerovat.

Tepelná čerpadla země-voda se využívají k celoroční přípravě teplé užitkové vody a jako zdroj tepla pro vytápění. V letním období je možné tepelné čerpadlo využít jako zdroj chladu – při tomto provozu se půda v průběhu letního období kolektorem ohřívá.

Hlubinné vrty

U hlubinných vrtů se využívá teplo hornin v podloží. Základní podmínkou využití tepla pomocí tepelného čerpadla je provedení hydrogeologického průzkumu k vyloučení možnosti narušení hydrologických poměrů v dané lokalitě. Pro využití tepla se používají rovněž tepelná čerpadla typu země-voda, teplosměnná plocha je umístěna vertikálně ve vrtech hlubokých 90 až 150 metrů.

3.2.2 Geotermální energie

Geotermální energie je přirozené teplo Země, které vzniká rozpadem radioaktivních prvků v nitru Země. Geotermální energie je rozptýlená v zemské kůře a její využití je proto efektivní jen v oblastech s aktivní vulkanickou činností nebo v místech, kde se stýkají litosférické desky. Projevy geotermální energie jsou erupce sopek a gejzírů, horké prameny či parní výrony.

Energie se využívá ve formě tepelné energie pro vytápění nebo pro výrobu elektrické energie v geotermálních elektrárnách. Mezi země, které tuto energii využívají, patří Island, Nový Zéland nebo Japonsko. V našich podmínkách se geotermální energie vyskytuje zejména v podobě horkých minerálních pramenů.

4. Rešerše stávajících aplikací

Rešerše je zpracována na základě zjišťování skutečného stavu způsobů vytápění a přípravy teplé užitkové vody a využití obnovitelných zdrojů energie v pěti hotelových zařízeních ve Františkových Lázních a okolí.

Zjišťování proběhlo v hotelech lázeňského typu, přičemž jednotlivé navštívené hotely poskytují kromě běžných ubytovacích služeb i lázeňské, relaxační a rehabilitační pobyty s nabídkou služeb balneo a wellness provozů, případně je v hotelu k dispozici bazén.

Výběr zkoumaných hotelů byl proveden na základě doporučení nebo znalostí z předchozí návštěvy. Zjišťování proběhlo jednak v nově otevřených hotelích, jednak v hotelích po částečné nebo celkové rekonstrukci.

Ověření stávajícího stavu způsobu vytápění, ohřevu teplé užitkové vody, bazénové vody a zjišťování využívání alternativních zdrojů energie bylo provedeno v následujících hotelových zařízeních s těmito výsledky:

Hotel FRANCIS PALACE, Jezerní 15/2, 351 01 Františkovy Lázně

- nově postavený hotel
- kompletní nabídka balneo a wellness služeb vč. bazénu
- zdrojem tepla pro vytápění, ohřev teplé užitkové vody a bazénových vod je plynová kotelna
- využití obnovitelných zdrojů energie: NE

Spa&Wellness hotel Kazdův Dvůr, Vonšov 1, 351 34 Skalná-Vonšov

- nově postavený hotel
- kompletní nabídka balneo a wellness služeb vč. bazénu
- zdrojem tepla pro vytápění, ohřev teplé užitkové vody a bazénových vod je několik samostatných plynových kotlen, umístěných v jednotlivých částech hotelu
- využití obnovitelných zdrojů energie: NE

Hotel Francis, Ruská 357/18, 351 01 Františkovy Lázně

- hotel po rekonstrukci a přístavbě
- kompletní nabídka balneo a wellness služeb, bez bazénu
- zdrojem tepla pro vytápění, ohřev teplé užitkové vody a bazénových vod je plynová kotelná
- využití obnovitelných zdrojů energie: ANO
- ve zkušebním provozu: instalace tepelného čerpadla vzduch-voda pro předehřev teplé užitkové vody, zdroj tepla odpadní vzduch

Hotel Komorní Hůrka, Komorní Dvůr 45, 350 02 Cheb

- nově postavený hotel
- kompletní nabídka balneo a wellness služeb vč. bazénu
- zdrojem tepla pro vytápění, ohřev teplé užitkové vody a bazénových vod je soustava samostatných plynových kotlen, umístěných v jednotlivých částech hotelu
- využití obnovitelných zdrojů energie: ANO – sluneční kolektory pro ohřev teplé užitkové vody a bazénových vod

Hotel REZA, Americká 47, 351 01 Františkovy Lázně

- hotel po rekonstrukci a přístavbě
- kompletní nabídka balneo a wellness, bez bazénu
- zdrojem tepla pro vytápění, ohřev teplé užitkové vody a bazénových vod je plynová kotelná
- využití obnovitelných zdrojů energie: NE

Souhrnný přehled výsledků je uveden v tab. č. 1.

Hotel	Typ stavby			Rehabilitace a lázně			Zdroj tepla		
	novostavba	rekonstrukce	rekonstrukce a přístavba	balneo	wellness	bazén	fosilní zdroj	obnovitelné zdroje	
							druh paliva	solární	tepelné
Francis Palace	ANO	NE	NE	ANO	ANO	ANO	plyn	NE	NE
Kazdův dvůr	ANO	NE	NE	ANO	ANO	ANO	plyn	NE	NE
Francis	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	plyn	NE	vzduch-voda ⁽¹⁾
Komorní Hůrka	ANO	NE	NE	ANO	ANO	ANO	plyn	ANO	NE
Reza	NE	NE	ANO	ANO	ANO	NE	plyn	NE	NE

(1) Tepelné čerpadlo vzduch-voda pro předehřev teplé užitkové vody, zdroj tepla odpadní vzduch

Tabulka č. 1. Rešerše – přehled výsledků

5. Hotel Komorní Hůrka – stávající stav

Konkrétní možnosti využití obnovitelných zdrojů energie pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody jsou zpracovány pro Hotel Komorní Hůrka. Jde o hotel lázeňského typu, který je při svém rozsahu nabízených služeb charakteristický velkou spotřebou teplé užitkové vody. Při návrhu jednotlivých variant byly použity hodnoty a údaje z projektové dokumentace [4], která byla zapůjčena pro potřeby zpracování této práce majitelem hotelu.

5.1 Charakteristika objektu

Hotel Komorní Hůrka se nachází v klidném prostředí Komorního Dvora mezi městy Cheb a Františkovy Lázně. Je zasazen do prostředí Národní přírodní památky Komorní hůrka asi 50 m pod kráterem nejmladšího vulkánu ve střední Evropě.

Hotel Komorní Hůrka byl nově postaven a otevřen v roce 2008, provozuje jej společnost Komorní Hůrka s.r.o. Kapacitu ubytovací části hotelu tvoří 28 komfortně vybavených pokojů, z toho 17 dvoulůžkových pokojů, 9 jednolůžkových pokojů, 1 třílůžkový pokoj a 1 bezbariérový dvoulůžkový pokoj.

Součástí hotelu je rekreační a rehabilitační zařízení wellness s bazénem, vybaveným masážními tryskami, vířivou lavicí, gejzírem, silným protiproudem a whirlpoolem. Součástí wellness jsou tři sauny - finská sauna, parní lázeň a bylinková sauna, v době otevření hotelu jediné zařízení tohoto druhu v Česku.

Hotel je nestátní lázeňské zařízení, vybavené pro zajištění rehabilitace a rekonvalescencí zejména pohybového aparátu, srdečních a cévních onemocnění. Je vybaven speciálním zařízením pro perličkové, uhličitě, galvanické, vířivé, sedativní a rašelinové koupele, a také podvodní masáže. Je zde i řada dalších rehabilitačních pracovišť - elektroléčba, klasické masáže, slatinné a plynové zábaly, plynové injekce, laser a ultrazvuk.

5.2 Zásobování teplem

Stávající stav zásobování hotelu tepelnou energií vychází ze zpracovaného projektu Dokumentace provedení stavby [4]. V rámci projektu je hotel rozdělen na dva stavební objekty a celkovou potřebu tepla zajišťují tři samostatné plynové kotelny. Dále je v rámci projektu uvažováno s využitím solární energie a to pro ohřev teplé užitkové vody v části balneo a dispozičně související hotelové části.

5.2.1 Dispoziční řešení hotelu

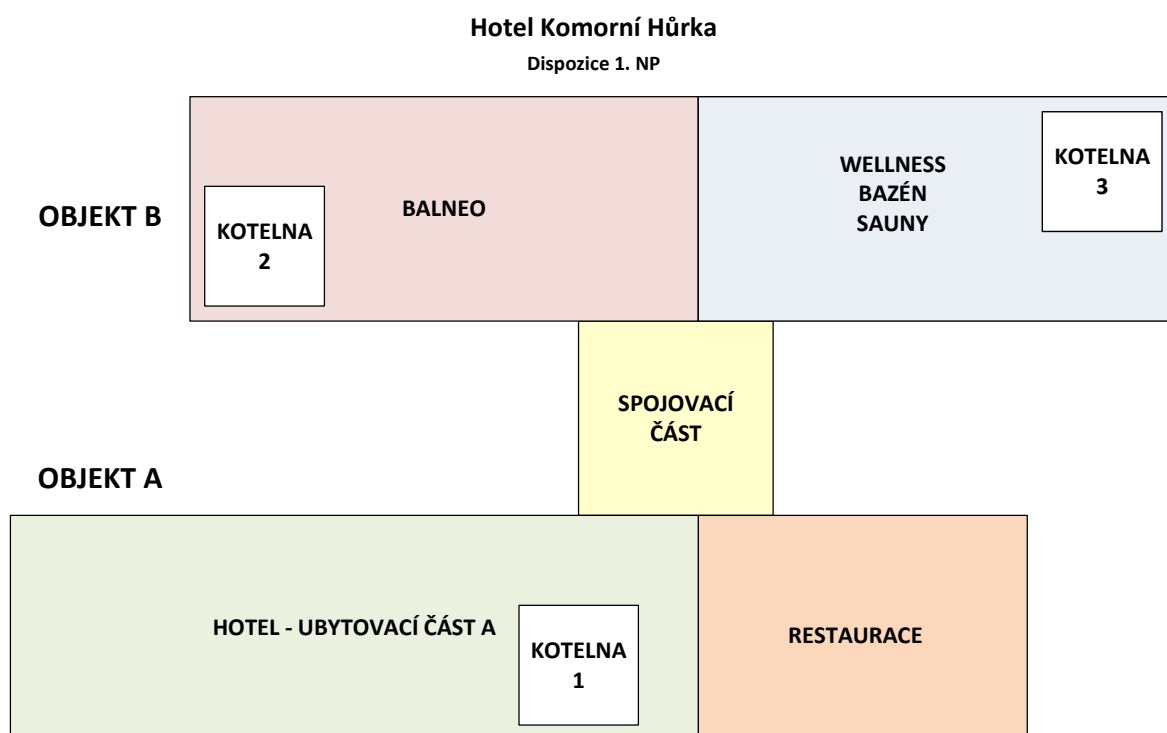
Půdorys hotelu, tvořený dvěma hlavními objekty spojenými spojovací částí, je řešen ve tvaru písmene H. Obě delší části jsou vůči sobě nepatrně posunuty a jejich delší osy jsou orientovány ve směru východ – západ.

V objektu A, který tvoří jižní část hotelu, je v 1. NP situována restaurace, ubytovací část, kotelná 1 a část technického zázemí hotelu. Ve 2. NP jsou umístěny hotelové pokoje.

V západní části objektu B je v 1. NP umístěn balneo provoz a kotelná 2, v 2. NP jsou umístěny pokoje hostů. Ve východní části objektu je umístěna wellness část s bazénem, saunami a sociálním zařízením. Bazénová část je svou stavební výškou řešena i přes 2. NP, ve zbývající části 2. NP je umístěna vzduchotechnika a strojovna solárního systému. Potřeby tepla pro wellness část zajišťuje kotelná 3, situována v 1. NP.

Ve spojovací části je v 1. NP umístěna kuchyně a výtah pro hosty, zbývající prostory jsou využívány jako technické zázemí. V 2. NP jsou pokoje pro hosty.

Dispozice 1. NP hotelu s vyznačenými kotelny je uvedena na obr. 5.



Obr. 5. Dispozice 1. NP

5.2.2 Zásobování hotelu teplem a teplou užitkovou vodou

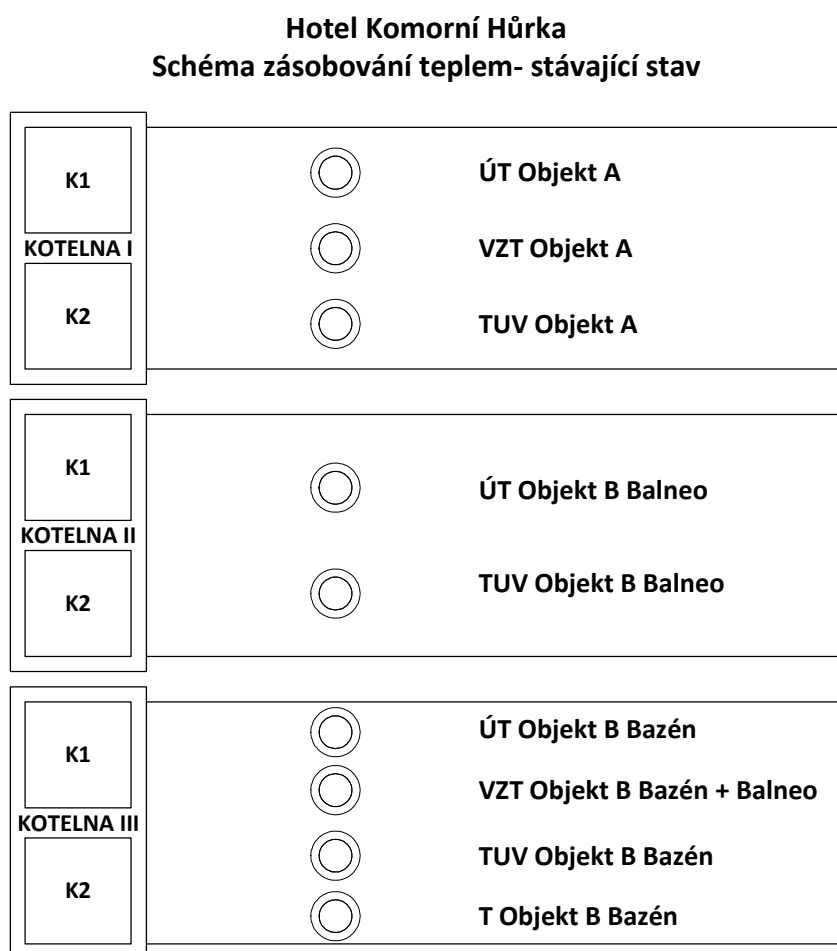
Dispoziční umístění jednotlivých kotlen bylo projektantem navrženo s ohledem na charakter, spotřebu tepla a přípravu teplé užitkové vody v jednotlivých provozech a částech hotelu.

Kotelna 1 vytápí objekt A, zajišťuje teplo pro vzduchotechniku objektu a přípravu teplé užitkové vody pro daný objekt.

Kotelna 2 zásobuje teplem část objektu B – balneo provoz a hotelové pokoje v 2. NP a připravuje pro tyto části i TUV.

Kotelna 3 připravuje topnou vodu pro vytápěcí soustavy východní části objektu B, tzn. pro vytápění částí wellness – bazénu, saun a souvisejícího sociálního zařízení (šatny, sprchy, WC), pro vzduchotechniku objektu B (tzn. balneo a wellness provozy) a zajišťuje pro wellness teplou užitkovou vodu. Dále kryje potřeby tepla pro technologii – ohřev bazénových vod.

Schéma zásobování teplem jednotlivými kotelny je uvedeno na obr. 6.



Obr. 6. Schéma zásobování teplem

5.3 Kapacity, potřeby tepla a výpočtové údaje

Návrh a dimenzování jednotlivých zdrojů tepla bylo provedeno podle příslušných norem, zákonů a vyhlášek v rámci projektu [4].

5.3.1 Základní výpočtové údaje

Pro výpočet tepelných ztrát byly použity údaje platné pro lokalitu Cheb, uvedené tab. č. 2:

Základní výpočtové údaje	
Lokalita: Cheb	
Nadmořská výška	472,7 [m. n. m.]
Nejnižší venkovní výpočtová teplota	-15,0 [°C]
Maximální letní teplota	32,0 [°C]
Krajina s intenzivními větry	6-10 [ms ⁻¹]
Teplota mokrého teploměru	20,0 [°C]
Výpočtový tlak par	15,9 [mbar]
Entalpie vzduchu	58,0 [kJkg ⁻¹]
Tlak barometrický	982,0 [mbar]
Průměrná externí teplota v topném období	3,6 [°C]
Počet topných dnů	262,0 [-]
Množství slun. záření za topnou sezónu - poloha jih	904,0 [MJm ²]

Tab. č. 2. Základní výpočtové údaje pro lokalitu Cheb

Pro výpočty byly dále použity hodnoty dle měření ČHMÚ pro danou lokalitu, a to za období r. 1960 – 2002. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tab. č. 3:

Výpočtové údaje dle měření ČHMÚ 1960 - 2002
Lokalita: Cheb

Parametr	Jednotka	Měsíc												Průměr I-XII
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Průměrné měsíční a roční teploty	[°C]	-2,5	-1,6	2,2	6,4	11,6	15,0	16,5	15,8	12,0	7,1	2,0	-1,4	6,7
Průměrné měsíční a roční teploty v topném období	[°C]	-2,5	-1,6	2,2	6,4	11,6	-	-	-	12,0	7,1	2,0	-1,4	3,6
Relativní vlhkost	[%]	86	82	77	72	70	71	71	74	78	82	86	87	78
Parciální tlak	[Pa]	427	454	560	707	963	1.211	1.333	1.329	1.132	869	625	490	842
Množství slunečního záření - jih	[MJm ⁻²]	119	202	245	292	217	288	320	317	274	220	130	86	2.710
Množství slunečního záření - JV, JZ	[MJm ⁻²]	97	169	216	277	324	302	335	313	245	184	104	72	2.638
Trvání slunečního svitu	[hod]	36	48	111	135	183	176	172	191	133	96	37	32	1.350

Tab. č. 3. Výpočtové údaje dle měření ČHMÚ 1960-2002 pro lokalitu Cheb

5.3.2 Potřeby tepla – Objekt A

Vypočtené potřeby tepla pro jednotlivé technologie jsou uvedeny v tab. č. 4, označení dílčích částí objektu jsou převzaty z projektové dokumentace [4].

Objekt A

Potřeby tepla pro ÚT, VZT a přípravu TUV

Tepelná ztráta objektu celkem	40.938 [W]	Roční potřeba objektu celkem	85.555 [kWhrok ⁻¹]	308 [GJrok ⁻¹]
Tepelná ztráta - ÚT celkem	40.938 [W]	Roční potřeba tepla ÚT	65.555 [kWhrok ⁻¹]	236 [GJrok ⁻¹]
- z toho motel (1.+2. NP)	16.201 [W]	Roční potřeba tepla pro přípravu TUV	20.000 [kWhrok ⁻¹]	72 [GJrok ⁻¹]
- z toho pokoje (2. NP)	12.270 [W]			
- z toho restaurace	12.467 [W]			

Tab. č. 4. Potřeby tepla objekt A

5.3.3 Potřeby tepla – Objekt B

Pro objekt B stanovil projektant potřeby tepla uvedené v tab. č. 5¹. Využití solární energie bylo uvažováno pro technologie v objektu B a jsou uvedeny ve stejné tabulce.

Objekt B

Potřeby tepla pro ÚT, VZT a přípravu TUV

Tepelná ztráta objektu celkem	56.360 [W]	Roční potřeba objektu celkem	212.800 [kWhrok ⁻¹]	766 [GJrok ⁻¹]
Tepelná ztráta - ÚT celkem	21.860 [W]	Roční potřeba tepla ÚT + VZT celkem	98.000 [kWhrok ⁻¹]	353 [GJrok ⁻¹]
- z toho balneo provoz (1. NP)	5.340 [W]	- z toho roční potřeba tepla pro ÚT	38.000 [kWhrok ⁻¹]	
- z toho bazén (1. NP)	9.800 [W]	- z toho roční potřeba tepla pro VZT	60.000 [kWhrok ⁻¹]	
- z toho pokoje (2. NP)	6.720 [W]			
Tepelná ztráta - VZT	34.500 [W]	Roční potřeba tepla pro přípravu TUV celkem	114800 [kWhrok ⁻¹]	413 [GJrok ⁻¹]
		- z toho balneo provoz	75.000 [kWhrok ⁻¹]	
		- z toho hotelové pokoje	5.300 [kWhrok ⁻¹]	
		- z toho personál	2.500 [kWhrok ⁻¹]	
		- z toho úklid	2.000 [kWhrok ⁻¹]	
		- z toho bazén a vířivka	30.000 [kWhrok ⁻¹]	
Solární zisky				
- projektovaná absorpční plocha	56 [m ²]	- solární zisk	19.500 [kWhrok ⁻¹]	70 [GJrok ⁻¹]

Tab. č. 5. Potřeby tepla objekt B

¹ Při zpracování bakalářské práce byla zjištěna v projektové dokumentaci matematická chyba v součtu celkových potřeb tepla. V tab. č. 5 jsou uvedeny opravené hodnoty.

5.3.4 Potřeby tepla – Objekt A a B celkem

Pro Hotel Komorní Hůrka jsou celkové potřeby tepla v dělení na jednotlivé technologie vč. projektovaného zisku ze solární energie pro objekt B uvedeny v tab. č. 6.

Objekt A + B Potřeby tepla pro ÚT, VZT a přípravu TUV				
Tepelná ztráta objektů A + B celkem	97.298 [W]	Roční potřeba objektů A + B celkem	298.355 [kWhrok ⁻¹]	1.074 [GJrok ⁻¹]
Tepelná ztráta - ÚT celkem	97.298 [W]	Roční potřeba tepla ÚT + VZT celkem	163.555 [kWhrok ⁻¹]	589 [GJrok ⁻¹]
- z toho objekt A	40.938 [W]	- z toho roční potřeba tepla pro ÚT objekt A	65.555 [kWhrok ⁻¹]	
- z toho objekt B	56.360 [W]	- z toho roční potřeba tepla pro ÚT objekt B	98.000 [kWhrok ⁻¹]	
- z toho tepelná ztráta - VZT (objekt B)	34.500 [W]	- z toho roční potřeba tepla pro VZT (objekt B)	60.000 [kWhrok ⁻¹]	
		Roční potřeba tepla pro přípravu TUV celkem	134.800 [kWhrok ⁻¹]	485 [GJrok ⁻¹]
		- z toho objekt A	20.000 [kWhrok ⁻¹]	
		- z toho objekt B	114.800 [kWhrok ⁻¹]	
Solární zisky				
- projektovaná absorpční plocha	56 [m ²]	- solární zisk	19.500 [kWhrok ⁻¹]	70 [GJrok ⁻¹]

Tab. č. 6. Potřeby tepla – Hotel Komorní Hůrka celkem

5.3.5 Kotelna 1

Kotelna zajišťuje teplo pro vytápění a ohřev TUV pro objekt A Hotelu Komorní Hůrka. Jedná se o kotelnu s plynovými spotřebiči s výkonem jednoho kotle do 50 kW. Provoz kotlů je nezávislý na vzduchu z prostoru strojovny a kotelna nemusí mít samostatné větrání s přívodními a odtahovými otvory do venkovního prostoru.

Zdrojem tepla pro teplovodní systém jsou dva nástěnné kondenzační kotle Buderus Logamax o celkovém maximálním výkonu 80 kW při teplotním spádu 65/50 °C. Hotelová a restaurační část je vytápěna teplovodním systémem s deskovými otopnými tělesy a žebříkovými tělesy v koupelnách. Otopná soustava je rozdělena na 5 samostatných vytápěcích okruhů, jeden okruh VZT a dále na jeden okruh pro ohřev TUV. TUV je ohřívána v nepřímém vytápěném zásobníku Buderus Logalux.

Popis technologie

Nástěnný kondenzační kotel Buderus Logamax má plynulou regulaci výkonu v regulačním rozsahu od 30 do 100% jmenovitého výkonu. Skutečný požadovaný výkon může být elektronicky nastaven. Kotel má nastavitelnou výstupní teplotu topné vody v rozsahu od 40 °C do 90 °C. Kotel je proveden s uzavřenou spalovací komorou. Je vybaven keramickým hořákem s předsměšováním. Zapalování kotle se provádí žhavicí elektrodou, plamen je kontrolován ionizační elektrodou.

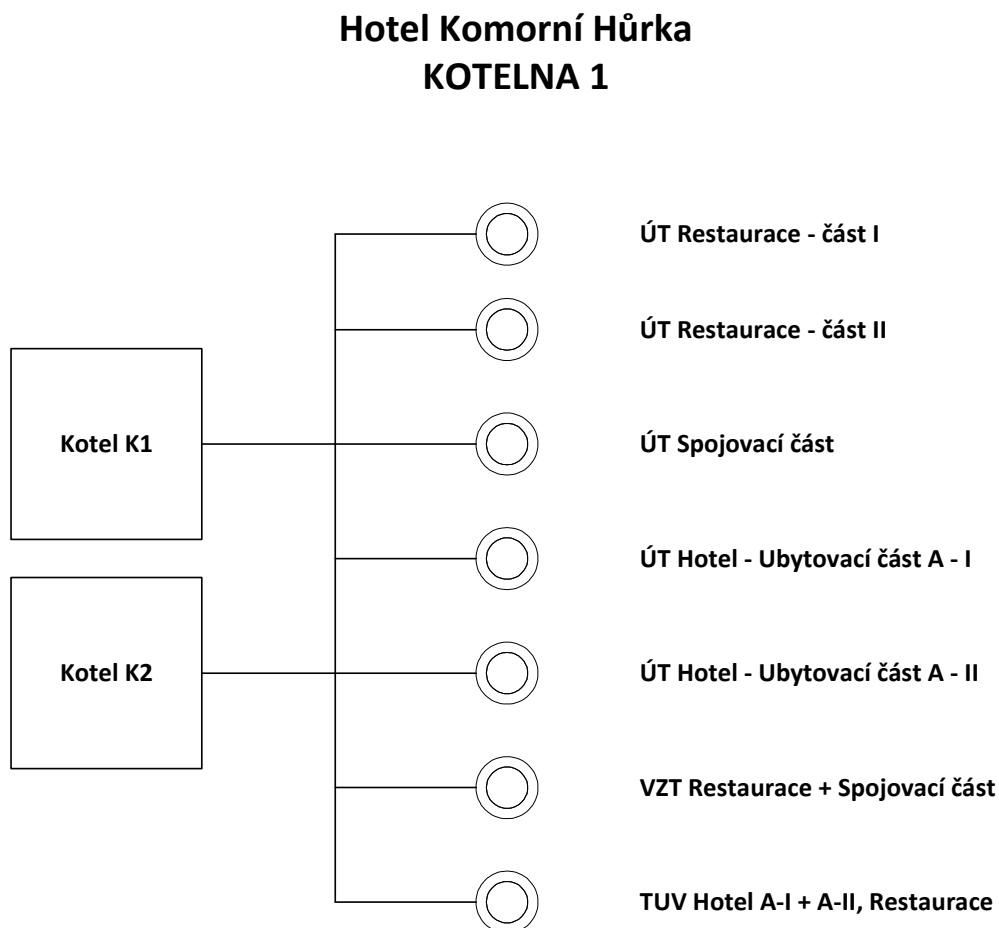
Zásobník TUV

Ohřev teplé užitkové vody je zajišťován v nepřímotopném zásobníku Buderus Logalux. Jedná se o stojatý zásobník o objemu 1000 litrů, který je vybaven jednou výhřevnou plochou a elektrickou topnou tyčí 9 kW. Regulace ohřevu TUV je vyřešena regulací Logamatic.

Regulace

Regulace Logamatic je digitální ovládací jednotka, která řeší ekvitermní kaskádovou regulaci kotlů a vytápěcích okruhů a regulaci ohřevu TUV.

Schéma zásobování teplem z kotelny 1 je uveden na obr. č. 7.



Obr. č. 7. Kotelna 1

5.3.6 Kotelna 2

Tato kotelna je obsazena dvěma plynovými nástěnnými kondenzačními kotli Buderus Logamax je zdrojem tepla pro vytápění a ohřev TUV pro část balneo provozu a pokojů umístěných v západní části objektu B. Plynové spotřebiče mají jednotkový výkon 43 kW při teplotním spádu topné vody 65/45 °C a jsou zapojeny do kaskády. Otopná soustava je rozdělena na tři samostatné vytápěcí okruhy. Dva radiátorové okruhy jsou pro vytápění 1. NP balneo provozu a 2. NP pro vytápění pokojů. Třetí okruh je pro ohřev TUV.

Popis technologie

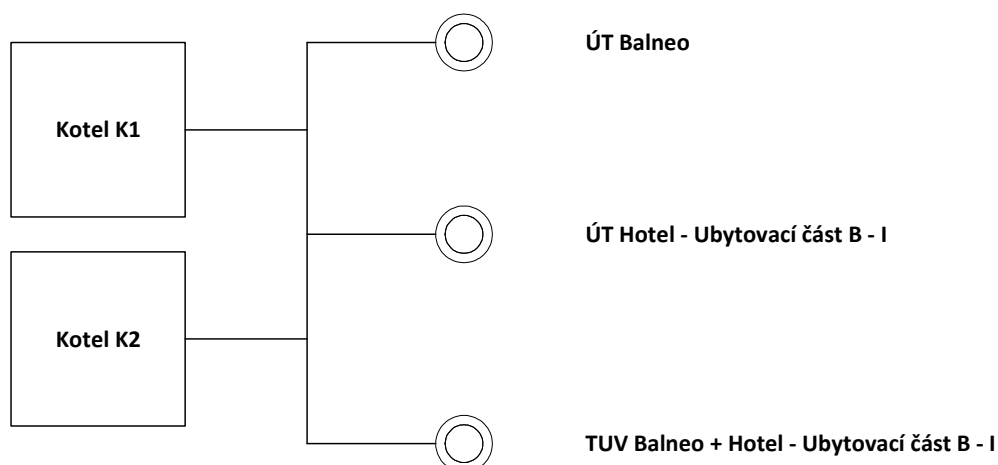
V kotelně 2 jsou instalovány shodné kotle jako v kotelně 1 se shodným způsobem regulace.

Ohřev TUV

Ohřev TUV pro ubytovací část a balneo provoz v objektu B hotelu je zajištěn pomocí blokového zařízení TV Cetetherm System D s akumulací v zásobníku TUV Buderus Logalux o objemu 1000 litrů. Předehřev TUV je prováděn v bivalentním zásobníku solárním ohřevem TUV. Bivalentní zásobník je zařazen sériově před akumulací zásobník Logalux, v případě velkých solárních zisků je možnost cirkulačně nabíjet zásobník Logalux.

Schéma zásobování teplem z kotelny 2 je uveden na obr. č. 8.

Hotel Komorní Hůrka KOTELNA 2



Obr. č. 8. Kotelna 2

5.3.7 Kotelna 3

Kotelna zajišťuje vytápění, ohřev TUV a ohřev bazénové vody v bazénové části objektu B hotelu. Zdrojem tepla jsou 2 plynové kondenzační nástěnné kotle Buderus Logamax o jednotkovém výkonu 43 kW při teplotním spádu 65/45 °C. Kotle jsou zapojeny do kaskády. Otopná soustava je rozdělena na 6 vytápěcích okruhů. Jeden okruh zajišťuje ohřev TUV pro sprchy a sociální zařízení v bazénu, druhým okruhem je ohřívána vzduchotechnika pro balneo provoz a bazén. Třetí okruh je napojen na podlahové vytápění bazénu. Čtvrtý okruh je pro radiátorové vytápění bazénu a pátým okruhem je zajišťován ohřev bazénové vody. Šestý okruh slouží pro ohřev bazénové vody pro whirlpool.

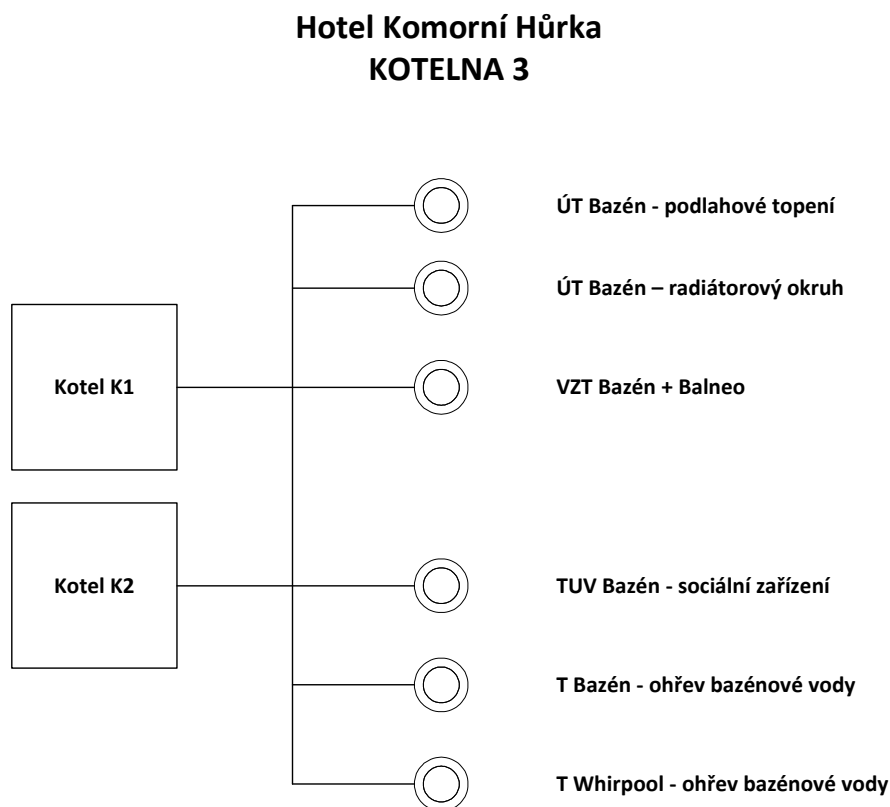
Popis technologie

V kotelně 3 jsou instalovány shodné kotle jako v kotelně 1 a 2 se shodnou regulací

Ohřev TUV

Ohřev teplé užitkové vody pro bazénovou část je zajišťován v zásobníku TUV Buderus Logalux. Zásobník je nepřímotopný zásobníkový stojatý ohřívač TUV o objemu 750 litrů. Zásobník je také ohříván solárním systémem přes deskový výměník Longtherm.

Schéma zásobování teplem z kotelny 3 je uveden na obr. č. 9.



Obr. č. 9. Kotelna 3

6. Hotel Komorní Hůrka - Návrh využití obnovitelných zdrojů energie

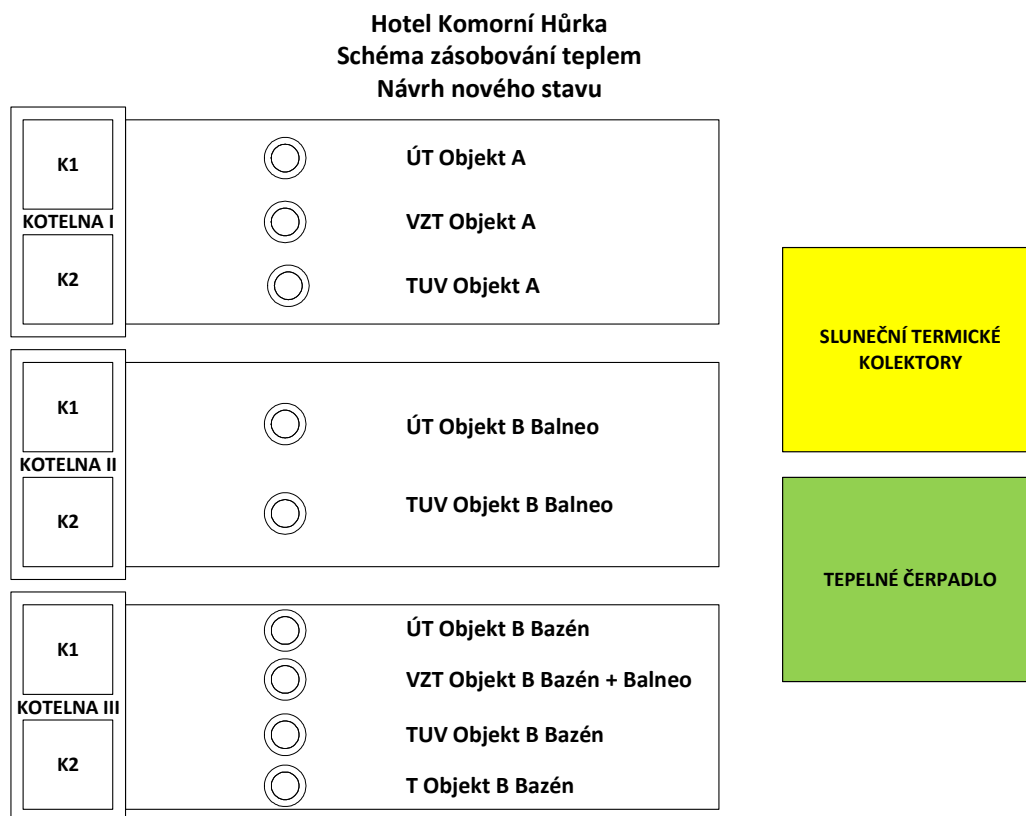
Hotel Komorní Hůrka je z hlediska výpočtu tepelných ztrát situován v lokalitě Cheb, která je charakteristická venkovní výpočtovou teplotou $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, počtem 262 topných dnů a průměrnou venkovní teplotou v topném období $3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, z čehož vychází celková tepelná ztráta objektu 97,3 kW. Rovněž rozsahem poskytovaných služeb zejména v oblasti balneo a bazénové části je charakteristický velkou celoroční spotřebou teplé vody, která je pro objekt B uvedena v tab. č. 7.

Objekt B - výpočtová potřeba TUV

	výpočtová potřeba TUV	max. výpočtový průtok	teplota TUV
- balneoprovoz	7.000 [l/7 hod]	1,43 [l.s ⁻¹]	55 [°C]
- hotelová část		0,44 [l.s ⁻¹]	55 [°C]
- bazénová část část		0,38 [l.s ⁻¹]	55 [°C]

Tab. č. 7. Objekt B – výpočtová potřeba TUV

Návrh využití obnovitelných zdrojů je zpracován variantně pro využití sluneční energie termickými kolektory a nízkopotenciální energie vzduchu a půdy tepelným čerpadlem. Návrh řešení je uveden na obr. č. 10.



Obr. č. 10. Schéma zásobování teplem - návrh nového stavu

6.1 Varianta 1 – Solární termický kolektor

Tato varianta řeší využití energie Slunce pomocí termického kolektoru pro ohřev TUV a bazénových vod.

V projektu [4] bylo uvažováno s projektovanou absorpční plochou $55,7 \text{ m}^2$ při využití slunečních kolektorů zn. Buderus. Při ověřování skutečného stavu bylo zjištěno, že dodavatel solární technologie nainstaloval odchýlně od projektu 36 ks kolektorů zn. Heliostar TS 300 o celkové ploše 57 m^2 , bez dalších podrobnějších technických podkladů.

V rozporu s projektovaným zapojením kolektorů, kdy část plochy kolektoru (cca 16 m^2) měla ohřívat pouze TUV pro balneo provoz a druhá část o ploše asi 40 m^2 byla určena pro ohřev TUV ve wellness části a pro ohřev bazénových vod, byl celý kolektor zapojen sériově pro ohřev TUV ve všech třech kotelnách a pro ohřev bazénových vod.

Toto odchýlení se od projektu může být příčinou technických problémů, které nastaly při uvádění solární technologie do provozu a které byly zmíněny majitelem hotelu při zjišťování stávajícího stavu.

Z uvedených důvodů je v rámci této práce proveden kontrolní výpočet a návrh solárního kolektoru pro dvě různá zadání:

Varianta 1.1: Vychází z celkové kalkulované potřeby tepla pro ohřev TUV a bazénových vod s cílem stanovit potřebnou plochu kolektoru za předpokladu pokrytí 100% potřeby tepla pro ohřev TUV a bazénových vod v měsíci s největším tepelným ziskem

Varianta 1.2: Vychází z projektované plochy kolektoru $55,7 \text{ m}^2$ s cílem zjistit, z kolika procent pokryje tato plocha kalkulovanou potřebu tepla v jednotlivých měsících.

6.1.1 Výpočtové vztahy a rovnice

V této kapitole je znázorněn vzorový výpočet pro návrh solárního kolektoru. Hodnoty jsou získány z databáze METEONORM [7], data pro vzorový výpočet jsou ze dne 7. 7. ve 14 h.

Stanovení střední teploty vody podle vztahu (1.0):

$$t_s = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (1.0)$$

$$t_s = \frac{14,5 + 45}{2} = 30 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

kde $t_s \dots$ je střední teplota vody

$t_1 \dots$ je teplota vstupní studené vody

$t_2 \dots$ je teplota výstupní vody

Výpočet spotřeby vody pro 50 osob na den z potřeb tepla pro přípravu TUV se provádí podle vzorce (1.1):

$$Q_m = m_m \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta t \cdot k \quad (1.1)$$

$$m_m = \frac{Q_m}{c_{H_2O} \cdot \Delta t \cdot k}$$

$$m_m = \frac{1332000}{4,28 \cdot 33 \cdot 1,1} \cong 8573 \quad [l \cdot den^{-1}]$$

kde $Q_m \dots$ je potřeba tepla pro přípravu TUV

$m_m \dots$ je spotřeba vody na osobu

$c_{H_2O} \dots$ je měrná tepelná kapacita vody

$\Delta t \dots$ je rozdíl teplot mezi teplotou výstupní vody a teplotou vstupní studené vody

$k \dots$ je koeficient ztrát

Určení redukované teploty je znázorněno ve vztahu (1.2):

$$A = \frac{t_s - t_1}{Ggk} \quad (1.2)$$

$$A = \frac{30 - 14,5}{713} = 0,02 \quad [-]$$

kde $A \dots$ je redukována teplota

$t_s \dots$ je střední teplota vody

$t_1 \dots$ je teplota vstupní studené vody

$Ggk \dots$ je intenzita záření

Rovnice účinnostní charakteristiky kolektoru (1.3):

$$\eta_k = \eta_0 - a_1 \cdot A - a_2 \cdot A^2 \cdot Ggk \quad (1.3)$$

$$\eta_k = 0,77 - 3,681 \cdot 0,02 - 0,0173 \cdot 0,02^2 \cdot 713 = 0,69 \quad [-]$$

kde η_k ... je účinnost kolektoru

η_0 ... je optická účinnost kolektoru [12]

a_1 ... je lineární součinitel tepelné ztráty [12]

a_2 ... je kvadratický součinitel tepelné ztráty [12]

A ... je redukovaná teplota

Ggk ... je intenzita záření

Měrný tepelný výkon kolektoru se stanoví podle vztahu (1.4):

$$Q_k = \eta_k \cdot Ggk \quad (1.4)$$

$$Q_k = 0,69 \cdot 713 = 493 \quad [W \cdot m^{-2}]$$

kde Q_k ... je měrný tepelný výkon kolektoru

η_k ... je účinnost kolektoru

Ggk ... je intenzita záření

Stanovení maximální zisku ze systému pomocí vzorce (1.5):

$$Q_S = Q_k \cdot S \quad (1.5)$$

$$Q_S = 493 \cdot 60,2 = 29678 \quad [W \cdot m^{-2}]$$

kde Q_S ... je maximální zisk ze systému

S ... je plocha kolektorů

6.1.2 Varianta 1.1 - Vstupní výpočtové údaje

Vstupní výpočtové údaje pro var. 1.1 jsou uvedeny v tab. č. 8.

Hotel Komorní Hůrka
Návrh solárního kolektoru
Vstupní výpočtové údaje - Lokalita Cheb

		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
dny v měsíci	[-]	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
teplota vstupní studené vody t_1	[°C]	8	8	8	9	11	13	15	15	15	14	12	10
teplota výstupní vody t_2	[°C]	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
střední teplota vody t_s	[°C]	32	31	32	32	33	34	35	35	35	34	33	32

Hotel Komorní Hůrka
Návrh solárního kolektoru
Účinnostní koeficienty kolektoru

Optická účinnost η_0	[-]	0,77
Lineární součinitel tepelné ztráty a_1	[Wm ⁻² K ⁻¹]	3,681
Kvadratický součinitel tepelné ztráty a_2	[Wm ⁻² K ⁻²]	0,0173
Počet kolektorů	[ks]	70
Plocha absorberu	[m ²]	2,23
Celková plocha	[m ²]	156

Tab. č. 8. Vstupní výpočtové údaje var. 1.1

6.1.3 Varianta 1.1 – Vypočtené hodnoty

Měsíční přehled vypočtených hodnot je uveden v tab. č. 9.

Hotel Komorní Hůrka
Návrh solárního kolektoru

		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Měrný tepelný výkon kolektoru Q_k	[Wm ⁻²]	12.940	29.176	50.222	69.230	89.550	81.018	87.410	87.663	61.304	40.242	19.985	10.898
Intenzita záření G_{gk}	[Wm ⁻²]	36.114	63.432	96.882	123.518	148.153	134.931	143.905	140.602	107.152	79.505	43.722	29.618
Ztráty	[-]	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Počet osob	[-]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Spotřeba vody na osobu	[kg]	171	171	171	171	171	171	171	171	171	171	171	171
Výstupní teplota vody	[°C]	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Potřeba	[kWhm ⁻¹]	14.456	13.216	14.501	13.633	13.497	12.475	12.432	12.242	11.979	12.801	12.961	13.997
Potřeba + ztráty	[kWhm ⁻¹]	16.062	14.684	16.112	15.148	14.997	13.861	13.813	13.602	13.310	14.223	14.401	15.552
Potřebná plocha	[m ²]	1.241	503	321	219	167	171	158	155	217	353	721	1.427
Navrhovaná plocha solárního kolektoru	[m ²]	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156
Max. zisk ze systému Q_s	[kWhm ⁻¹]	2.020	4.554	7.840	10.807	13.979	12.647	13.645	13.684	9.570	6.282	3.120	1.701
Přebytky/nedostatky	[kWhm ⁻¹]	-14.043	-10.130	-8.272	-4.341	-1.018	-1.214	-168	82	-3.740	-7.941	-11.282	-13.851
Využitelný zisk ze systému	[kWhm ⁻¹]	2.020	4.554	7.840	10.807	13.979	12.647	13.645	13.602	9.570	6.282	3.120	1.701
Pokrytí potřeby solárním systémem	[-]	0,13	0,31	0,49	0,71	0,93	0,91	0,99	1,00	0,72	0,44	0,22	0,11

Tab. č. 9. Var. 1.1. Měsíční přehled vypočtených hodnot

Z výsledků výpočtů vyplývá, že pro 100% pokrytí potřeby tepla pro ohřev TUV v měsíci červenci a srpnu (měsíce s největším tepelným ziskem) je potřeba nainstalovat sluneční kolektor o celkové ploše 156 m².

Souhrnné výsledky výpočtů pro var. 1.1 jsou uvedeny v následující tab. č. 10.

Hotel Komorní Hůrka			
Návrh solárního kolektoru			
Roční souhrn			
Měrný tepelný výkon kolektoru Q_k	$[\text{Wm}^{-2}\text{rok}^{-1}]$	690.707	
Intenzita záření G_{gk}	$[\text{Wm}^{-2}\text{rok}^{-1}]$	1.147.534	
Potřeba	$[\text{kWhrok}^{-1}]$	158.190	632,7 [GJ]
Potřeba + ztráty	$[\text{kWhrok}^{-1}]$	175.766	
Max. zisk ze systému Q_s	$[\text{kWhrok}^{-1}]$	99.847	359,3 [GJ]
Max. zisk ze systému na m^2	$[\text{kWhm}^{-2}\text{rok}^{-1}]$	640	
Přebytky/nedostatky	$[\text{kWhrok}^{-1}]$	-75.919	
Využitelný zisk ze systému	$[\text{kWhrok}^{-1}]$	99.765	359,0 [GJ]
Využitelný zisk ze systému na m^2	$[\text{kWhm}^{-2}\text{rok}^{-1}]$	639	
Pokrytí potřeby solárním systémem	$[-]$	0,57	

Tab. č. 10. Var. 1.1. Souhrnné roční výsledky

6.1.4 Varianta 1.2 - Vstupní výpočtové údaje

Pro výpočet varianty 1.2 byly použity vstupní údaje shodné s údaji v projektové dokumentaci [4]. Tyto údaje jsou uvedeny v tab. č. 11.

Hotel Komorní Hůrka
Návrh solárního kolektoru
Vstupní údaje z projektové dokumentace

absorpční plocha	55,7 [m ²]	
počet kolektorů	27 [ks]	
solární zisk	19.500 [kWhrok ⁻¹]	70,2 [GJrok ⁻¹]

Hotel Komorní Hůrka
Návrh solárního kolektoru
Vstupní údaje z projektové dokumentace - kontrolní přepoččet

absorpční plocha	60,2 [m ²]	
počet kolektorů	27 [ks]	
solární zisk	38.513 [kWhrok ⁻¹]	138,6 [GJrok ⁻¹]

		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
dny v měsíci	[-]	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
teplota vstupní studené vody t ₁	[°C]	8	8	8	9	11	13	15	15	15	14	12	10
teplota výstupní vody t ₂	[°C]	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
střední teplota vody t _s	[°C]	32	31	32	32	33	34	35	35	35	34	33	32

Účinnostní koeficienty kolektoru

Optická účinnost η_0	[-]	0,77
Lineární součinitel tepelné ztráty a ₁	[Wm ⁻² K ⁻¹]	3,681
Kvadratický součinitel tepelné ztráty a ₂	[Wm ⁻² K ⁻²]	0,0173
Počet kolektorů	[ks]	27
Plocha absorberu	[m ²]	2,23
Celková plocha	[m ²]	60,21

Tab. č. 11. Vstupní výpočtové údaje var. 1.2

6.1.5 Varianta 1.2 – Výsledky výpočtů

Pokrytí potřeb tepla v jednotlivých měsících je uvedeno v tab. č. 12.

Hotel Komorní Hůrka
Návrh solárního kolektoru

		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Měrný tepelný výkon kolektoru Q _k	[Wm ⁻²]	12.940	29.176	50.222	69.230	89.550	81.018	87.410	87.663	61.304	40.242	19.985	10.898
Intenzita záření G _{gk}	[Wm ⁻²]	36.114	63.432	96.882	123.518	148.153	134.931	143.905	140.602	107.152	79.505	43.722	29.618
Ztráty	[-]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Počet osob	[-]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Spotřeba vody na osobu	[kg]	171	171	171	171	171	171	171	171	171	171	171	171
Výstupní teplota vody	[°C]	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Potřeba	[kWhm ⁻¹]	14.456	13.216	14.501	13.633	13.497	12.475	12.432	12.242	11.979	12.801	12.961	13.997
Potřeba + ztráty	[kWhm ⁻¹]	16.062	14.684	16.112	15.148	14.997	13.861	13.813	13.602	13.310	14.223	14.401	15.552
Potřebná plocha	[m ²]	1.241	503	321	219	167	171	158	155	217	353	721	1.427
Navrhovaná plocha solárního kolektoru	[m ²]	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Max. zisk ze systému Q _s	[kWhm ⁻¹]	779	1.757	3.024	4.168	5.392	4.878	5.263	5.278	3.691	2.423	1.203	656
Přebytky/nedostatky	[kWhm ⁻¹]	-15.283	-12.928	-13.088	-10.979	-9.605	-8.983	-8.550	-8.324	-9.619	-11.800	-13.198	-14.896
Využitelný zisk ze systému	[kWhm ⁻¹]	779	1.757	3.024	4.168	5.392	4.878	5.263	5.278	3.691	2.423	1.203	656
Pokrytí potřeby solárním systémem	[-]	0,05	0,12	0,19	0,28	0,36	0,35	0,38	0,39	0,28	0,17	0,08	0,04

Tab. č. 12. Var. 1.1. Měsíční přehled vypočtených hodnot

Z výsledků výpočtů vyplývá, že v měsících s největším tepelným ziskem tepla ze slunečních kolektorů (tzn. v červenci a srpnu) pokryje plocha stávajícího kolektoru potřeby tepla na ohřev TUV v červenci z 38% a v srpnu z 39%.

Souhrnné výsledky výpočtů pro var. 1.2 jsou uvedeny v následující tab. č. 13.

Hotel Komorní Hůrka
Návrh solárního kolektoru
Roční souhrn

Měrný tepelný výkon kolektoru Q_k	$[\text{Wm}^{-2}\text{rok}^{-1}]$	690.707	
Intenzita záření G_{gk}	$[\text{Wm}^{-2}\text{rok}^{-1}]$	1.147.534	
Potřeba	$[\text{kWhrok}^{-1}]$	121.781	487 [GJ]
Potřeba + ztráty	$[\text{kWhrok}^{-1}]$	135.312	
Max. zisk ze systému Q_s	$[\text{kWhrok}^{-1}]$	38.513	138,6 [GJ]
Max. zisk ze systému na m^2	$[\text{kWhm}^{-2}\text{rok}^{-1}]$	691	
Přebytky/nedostatky	$[\text{kWhrok}^{-1}]$	-96.800	138,6 [GJ]
Využitelný zisk ze systému	$[\text{kWhrok}^{-1}]$	38.513	
Využitelný zisk ze systému na m^2	$[\text{kWhm}^{-2}\text{rok}^{-1}]$	691	
Pokrytí potřeby solárním systémem	$[-]$	0,22	

Tab. č. 13. Var. 1.2. Souhrnné roční výsledky

6.2 Varianta 2 – Tepelné čerpadlo

V této variantě je uvažováno s využitím nízkopotenciálního tepla Země pomocí tepelného čerpadla, a to jak pro vytápění objektů hotelu v topném období, tak pro přípravu TUV a bazénových vod.

Výpočty a návrhy jsou provedeny pro dvě různá provedení tepelných čerpadel:

Varianta 2.1: Tepelné čerpadlo vzduch – voda

Varianta 2.2: Tepelné čerpadlo země – voda (tepelný kolektor)

Vzhledem ke skutečnosti, že Hotel Komorní Hůrka se nachází v hydrogeologickém lázeňském pásmu ochrany minerálních pramenů Lázní Františkovy Lázně, nelze uvažovat s tepelným čerpadlem země – voda využívajícím hlubinný vrt.

Z důvodu absence vhodného vodního zdroje v lokalitě hotelu není uvažováno s tepelným čerpadlem voda – voda.

Tepelná čerpadla v obou variantách jsou uvažována v bivalentním zapojení, tzn. jako doplňkový zdroj tepla jsou uvažovány stávající plynové kotle.

Návrh tepelných čerpadel byl proveden na základě projekčních podkladů a pomocí výpočtového programu AlphaPlan [8], poskytnutého firmou Alpha InnoTec GmbH.

6.2.1 Varianta 2.1 - Tepelné čerpadlo vzduch-voda

Při výpočtu se vycházelo z hodnot uvedených v tab. č. 6.

Výpočet potřebného topného výkonu TČ se provede podle vzorce (1.6):

$$\begin{aligned} Q_N &= (Q_{UT} + Q_{TUV}) \cdot Z \\ Q_N &= (93,7 + 20) \cdot 1,1 = 130 \quad [kW] \end{aligned} \tag{1.6}$$

kde Q_N ... je potřebný topný výkon TČ

Q_{UT} ... je tepelná ztráta budovy

Q_{TUV} ... je potřebný výkon zdroje pro ohřev TUV

Z ... je faktor doby blokování

Výpočet topného výkonu bivalentního zdroje tepla vychází ze vztahu (1.7):

$$\begin{aligned} Q_Z &= Q_N - Q_B \\ Q_Z &= 130 - 80 = 50 \quad [kW] \end{aligned} \tag{1.7}$$

kde Q_Z ... je topný výkon bivalentního zdroje tepla

Q_B ... je výkon TČ v bivalentním bodě

Podle projekčních podkladů firmy Alpha Innotech GmbH [11] byla navržena 4 tepelná čerpadla vzduch-voda LW 330H s maximální teplotou výstupní vody 65°C. Bivalentní bod čerpadel vychází podle diagramu v projekční příručce [11] při teplotě venkovního vzduchu – 4 °C. V tomto bodě má jedno tepelné čerpadlo výkon 20 kW. Příkon jednoho TČ je 5,78 kW. Pořizovací náklady na koupi těchto čerpadel jsou 1,580.000,- Kč.

6.2.2 Varianta 2.2 - Tepelné čerpadlo země-voda

Při výpočtu se vycházelo z hodnot uvedených v tab. č. 6.

Potřebný topný výkon TČ se stanoví podle vzorce (1.8):

$$Q_N = (Q_{UT} + Q_{TUV}) \cdot Z \quad (1.8)$$
$$Q_N = (93,7 + 20) \cdot 1,1 = 130 \quad [kW]$$

kde Q_N ... je potřebný topný výkon TČ

Q_{UT} ... je tepelná ztráta budovy

Q_{TUV} ... je potřebný výkon zdroje pro ohřev TUV

Z ... je faktor doby blokování dodávky el. energie ve vysokém tarifu, $Z = 1,1$

Výpočet topného výkonu bivalentního zdroje tepla podle rovnice (1.9):

$$Q_Z = Q_N - Q_B \quad (1.9)$$
$$Q_Z = 130 - 93 = 37 \quad [kW]$$

kde Q_Z ... je topný výkon bivalentního zdroje tepla

Q_B ... je výkon TČ v bivalentním bodě

Chladicí výkon tepelného čerpadla se vypočítá z rovnice (2.0):

$$Q_{CH} = Q_N - P_{TC} \quad (2.0)$$
$$Q_{CH} = 93 - 24,3 = 68,7 \quad [kW]$$

kde Q_{CH} ... je chladicí výkon TČ

P_{TC} ... je příkon tepelného čerpadla

Plochu půdního kolektoru získáme výpočtem podle vztahu (2.1):

$$S = \frac{Q_{CH}}{q_z} \quad (2.1)$$
$$S = \frac{68700}{20} = 3435 \quad [m^2]$$

kde S ... plocha půdního kolektoru

q_z ... je měrný výkon jímání půdy; pro soudržnou, vlhkou zeminu při provozu čerpadla do 2.400 h/rok je $q_z = 20 \text{ Wm}^{-2}$ [11]

Podle projekčních podkladů [11] bylo navrženo tepelné čerpadlo země-voda SWP 1000H firmy Alpha Innotech GmbH s maximální teplotou výstupní vody 65°C . Minimální teplota zdroje (solanky) pro tepelné čerpadlo je 0°C , pro tuto teplotu má tepelné čerpadlo výkon 94 kW. Příkon TČ je 24,3 kW. Potřebná plocha zemního kolektoru je 3.435 m^2 . Pořizovací náklady na koupi tohoto čerpadla jsou ve výši 803.000,- Kč.

6.3 Varianta 3 – kombinace slunečního kolektoru a tepelného čerpadla

Uvedená varianta vznikne kombinací dříve uvedených návrhů a uvažuje s využitím tepla ze solárního kolektoru pro přípravu (předehřev) TUV a bazénových vod za současného nasazení tepelných čerpadel pro vytápění a dohřev TUV a bazénových vod.

Vzhledem ke skutečnosti, že v současné době jsou již sluneční kolektory o ploše 57 m^2 nainstalovány a tepelné zisky ze slunečního kolektoru jsou minimální v zimních měsících, kdy je naopak nejvyšší potřeba tepla pro vytápění, je tato varianta dále uvažována pro provedení:

Varianta 3.1: Stávající solární kolektor + Tepelné čerpadlo vzduch – voda

- stávající sluneční kolektor o ploše 57 m^2
- 4 tepelná čerpadla vzduch-voda LW 330H s maximální teplotou výstupní vody 65°C

Varianta 3.2: Solární kolektor + Tepelné čerpadlo země – voda (tepelný kolektor)

- stávající sluneční kolektor o ploše 57 m^2
- tepelné čerpadlo země-voda SWP 1000H s maximální teplotou výstupní vody 65°C
- zemní kolektor 3.435 m^2

7. Ekonomické a environmentální vyhodnocení variant

7.1 Ekonomické vyhodnocení

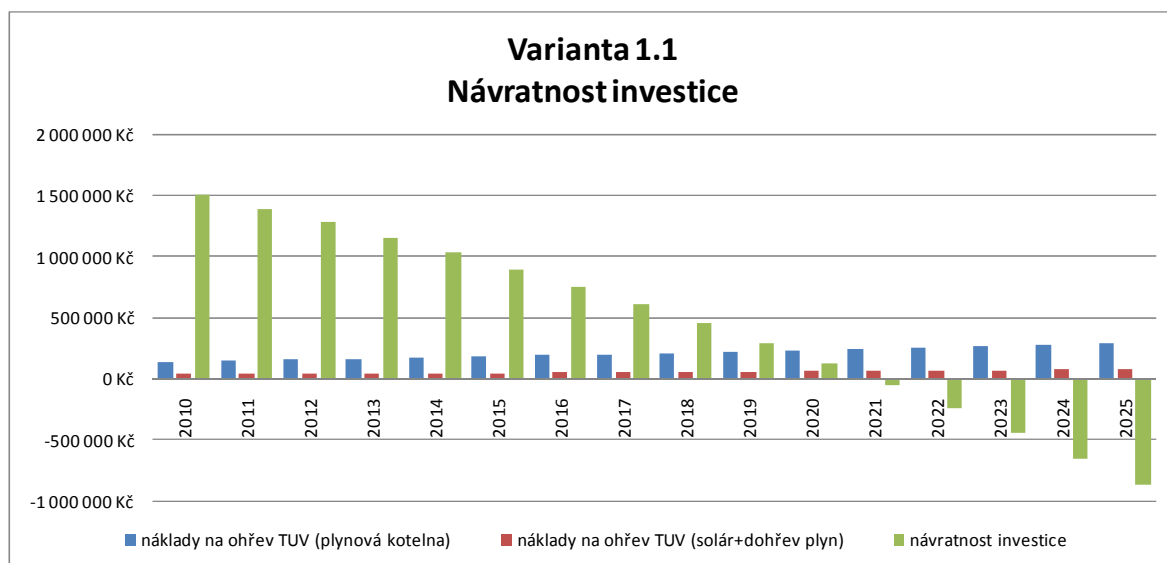
7.1.1 Využití solární energie

Varianta 1.1

V této variantě je uvažováno s instalací celkem 70 ks slunečních kolektorů pro pokrytí 100% potřeby tepla pro ohřev TUV v měsících s největším tepelným ziskem. Při výpočtu návratnosti investice je počítáno s předpokládaným ročním zvýšením cen plynu o 5%. Návratnost je uvažována jako každoroční snížení původní investice o uspořené náklady za energii nespotřebovaného plynu, která je nahrazena solární energií.

Výpočet návratnosti investice je uveden v tab. č. 14. Graficky je návratnost investice uvedena v grafu č. 1.

Návratnost investice u této varianty řešení je přibližně 11 let.



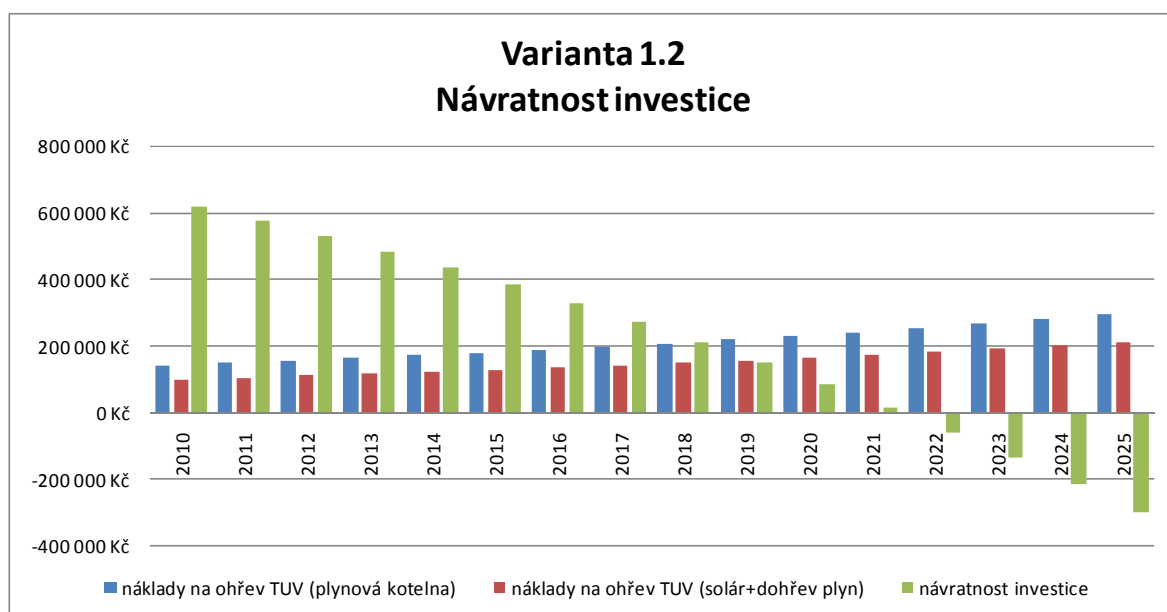
Graf č. 1. Návratnost investice – var. 1.1

Varianta 1.2

Uvedená varianta vyhodnocuje návratnost stávajícího stavu, kdy v rámci výstavby hotelu bylo namontováno celkem 27 ks solárních kolektorů o celkové ploše 57 m². Návratnost je počítána shodně s var. 1.1, výpočet návratnosti investice je uveden v tab. č. 15.

Návratnost investice u této varianty je přibližně 12 let.

Graficky je návratnost investice pro var. 1.2 uvedena v grafu č. 2.



Graf č. 2. Návratnost investice – var. 1.2

7.1.2 Využití solární energie a tepelného čerpadla země - voda

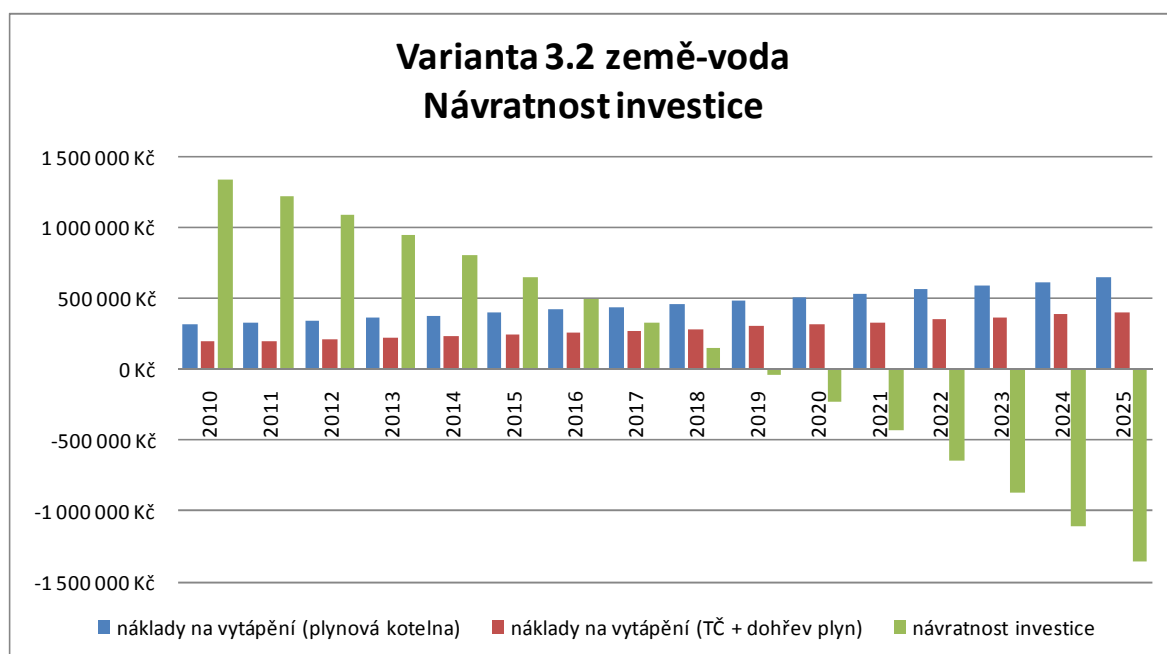
Ekonomické vyhodnocení využití uvedených obnovitelných zdrojů energie je zpracováno pouze pro kombinaci stávajících slunečních kolektorů a tepelného čerpadla země – voda (varianta 3.2).

U tepelného čerpadla vzduch – voda nebylo možné z poskytnutých podkladů zjistit údaje potřebné pro výpočet návratnosti investice. Výpočet návratnosti investice je možné provést pouze pomocí výpočtového programu AlphaPlan [8], který je však zatížen nepřesností vstupních údajů. Tato nepřesnost je způsobena přednastavenými výpočtovými hodnotami – v programu nelze zadat lokalitu „Cheb“. Výpočtové údaje jsou k dispozici pouze pro jednotlivá krajská města, v případě posuzované lokality pro „Karlovy Vary“.

Návratnost u varianty 3.2 (stávající sluneční kolektory a tepelné čerpadla země – voda) je uvažována obdobně jako v předchozím vyhodnocení, kdy je počítáno s každoročním snížením původní investice o uspořené náklady za energii nespotřebovaného plynu. Tato energie je nahrazena solární energií a ziskem TČ.

Návratnost investice u této varianty řešení je přibližně 9 let.

Výpočet návratnosti investice je uveden v tab. č. 15, graficky je návratnost investice uvedena v grafu č. 3.



Graf č. 3. Návratnost investice – var. 3.2

7.2 Enviromentální vyhodnocení

Enviromentální vyhodnocení posuzuje vliv spotřeby primární energie na životní prostředí. V uvedených případech je posuzován vliv stávajícího způsobu vytápění a ohřevu TUV (tzn. spalování fosilních paliv – zemního plynu) s možností snížit spotřebu zemního plynu a nahradit jej jednak sluneční energií (emise látek při výrobě slunečních kolektorů není uvažována) a jednak využitím nízkopotenciální energie vzduchu resp. půdy pomocí čerpadel.

Při použití tepelných čerpadel je však nutné uvažovat s potřebným příkonem elektrické energie a tím i s emisemi vzniklými při výrobě této energie. Naproti tomu ale „... lze dokázat, že tepelné čerpadlo poháněné elektrickou energií snižuje spotřebu primární energie již od průměrného ročního topného faktoru asi 2,2.“ [5]

V rámci této práce nebyl detailně posuzován vliv konkrétních řešení na enviroment. V tab. č. 16 jsou uvedeny emise znečišťujících látek produkovaných při spalování jednotlivých paliv v daných zdrojích tepla.

Tab. č. 14. Návratnost investice solárního systému

Hotel Komorní Hůrka

Návratnost investice solárního systému

cena plynu 1,05 Kč /kWh

předpokládaný roční
nárůst cen plynu 5%

rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
rok užívání	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
předpokládaná cena plynu za kWh	1,05	1,10	1,16	1,22	1,28	1,34	1,41	1,48	1,55	1,63	1,71	1,80	1,89	1,98	2,08	2,18

Varianta 1.1

pořizovací náklady
kolektoru 1.609.000 Kč

potřeba tepla na TUV	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800
náklady na ohřev TUV (plynová kotelná)	141.540 Kč	148.617 Kč	156.048 Kč	163.850 Kč	172.043 Kč	180.645 Kč	189.677 Kč	199.161 Kč	209.119 Kč	219.575 Kč	230.554 Kč	242.081 Kč	254.186 Kč	266.895 Kč	280.240 Kč	294.251 Kč

zisk tepla z kolektoru	99.765	99.765	99.765	99.765	99.765	99.765	99.765	99.765	99.765	99.765	99.765	99.765	99.765	99.765	99.765	99.765
potřeba tepla z plynu	35.035	35.035	35.035	35.035	35.035	35.035	35.035	35.035	35.035	35.035	35.035	35.035	35.035	35.035	35.035	35.035
náklady na ohřev TUV (solár+dohřev plyn)	36.786 Kč	38.626 Kč	40.557 Kč	42.585 Kč	44.714 Kč	46.950 Kč	49.297 Kč	51.762 Kč	54.350 Kč	57.068 Kč	59.921 Kč	62.917 Kč	66.063 Kč	69.366 Kč	72.834 Kč	76.476 Kč

návratnost investice	1.504.246 Kč	1.394.255 Kč	1.278.764 Kč	1.157.499 Kč	1.030.170 Kč	896.475 Kč	756.095 Kč	608.696 Kč	453.927 Kč	291.420 Kč	120.787 Kč	-58.377 Kč	-246.500 Kč	-444.029 Kč	-651.434 Kč	-869.209 Kč
----------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Varianta 1.2

pořizovací náklady
kolektoru 658.100 Kč

potřeba tepla na TUV	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800	134.800
náklady na ohřev TUV (plynová kotelná)	141.540 Kč	148.617 Kč	156.048 Kč	163.850 Kč	172.043 Kč	180.645 Kč	189.677 Kč	199.161 Kč	209.119 Kč	219.575 Kč	230.554 Kč	242.081 Kč	254.186 Kč	266.895 Kč	280.240 Kč	294.251 Kč

zisk tepla z kolektoru	38513	38513	38513	38513	38513	38513	38513	38513	38513	38513	38513	38513	38513	38513	38513	38513
potřeba tepla z plynu	96.287	96.287	96.287	96.287	96.287	96.287	96.287	96.287	96.287	96.287	96.287	96.287	96.287	96.287	96.287	96.287
náklady na ohřev TUV (solár+dohřev plyn)	101.101 Kč	106.156 Kč	111.464 Kč	117.037 Kč	122.889 Kč	129.034 Kč	135.485 Kč	142.260 Kč	149.373 Kč	156.841 Kč	164.683 Kč	172.918 Kč	181.563 Kč	190.642 Kč	200.174 Kč	210.182 Kč

návratnost investice	617.661 Kč	575.201 Kč	530.617 Kč	483.804 Kč	434.651 Kč	383.040 Kč	328.848 Kč	271.947 Kč	212.201 Kč	149.467 Kč	83.597 Kč	14.433 Kč	-58.189 Kč	-134.442 Kč	-214.508 Kč	-298.577 Kč
----------------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-----------	-----------	------------	-------------	-------------	-------------

Tab. č. 15. Návrhnost investice solárního systému a tepelného čerpadla země - voda

Hotel Komorní Hůrka

Návrhnost investice TČ a solárního systému

cena plynu	1,05 Kč /kWh	výkon TČ	93 kW
cena elektřiny	2,00 Kč /kWh	příkon TČ	24,3 kW
		provozní doba TČ	1600 h
předpokládaný roční nárůst cen plynu	5%	investice solár	658.100 Kč
předpokládaný roční nárůst cen elektřiny	5%	investice TČ	803.000 Kč

rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
rok užívání	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
předpokládaná cena plynu za kWh	1,05 Kč	1,10 Kč	1,16 Kč	1,22 Kč	1,28 Kč	1,34 Kč	1,41 Kč	1,48 Kč	1,55 Kč	1,63 Kč	1,71 Kč	1,80 Kč	1,89 Kč	1,98 Kč	2,08 Kč	2,18 Kč
předpokládaná cena elektřiny za kWh	2,00 Kč	2,10 Kč	2,21 Kč	2,32 Kč	2,43 Kč	2,55 Kč	2,68 Kč	2,81 Kč	2,95 Kč	3,10 Kč	3,26 Kč	3,42 Kč	3,59 Kč	3,77 Kč	3,96 Kč	4,16 Kč
Variananta 3.2 pořizovací náklady TČ a solárního kolektoru	1.461.100 Kč															
potřeba tepla celkem [kWh]	298.355	298.355	298.355	298.355	298.355	298.355	298.355	298.355	298.355	298.355	298.355	298.355	298.355	298.355	298.355	298.355
náklady na vytápění (plynová kotelna)	313.273 Kč	328.936 Kč	345.383 Kč	362.652 Kč	380.785 Kč	399.824 Kč	419.815 Kč	440.806 Kč	462.847 Kč	485.989 Kč	510.288 Kč	535.803 Kč	562.593 Kč	590.722 Kč	620.259 Kč	651.272 Kč
zisk tepla ze solárního kolektoru [kWh]	38.513	38.513	38.513	38.513	38.513	38.513	38.513	38.513	38.513	38.513	38.513	38.513	38.513	38.513	38.513	38.513
zisk tepla z TČ [kWh]	148.800	148.800	148.800	148.800	148.800	148.800	148.800	148.800	148.800	148.800	148.800	148.800	148.800	148.800	148.800	148.800
potřeba tepla z plynu [kWh]	111.042	111.042	111.042	111.042	111.042	111.042	111.042	111.042	111.042	111.042	111.042	111.042	111.042	111.042	111.042	111.042
náklady na provoz TČ	77.760 Kč	81.648 Kč	85.730 Kč	90.017 Kč	94.518 Kč	99.244 Kč	104.206 Kč	109.416 Kč	114.887 Kč	120.631 Kč	126.663 Kč	132.996 Kč	139.646 Kč	146.628 Kč	153.959 Kč	161.657 Kč
náklady na vytápění (dohřev plyn)	116.594 Kč	122.424 Kč	128.545 Kč	134.972 Kč	141.721 Kč	148.807 Kč	156.247 Kč	164.060 Kč	172.263 Kč	180.876 Kč	189.920 Kč	199.415 Kč	209.386 Kč	219.856 Kč	230.848 Kč	242.391 Kč
náklady na vytápění (TČ + dohřev plyn)	194.354 Kč	204.072 Kč	214.275 Kč	224.989 Kč	236.239 Kč	248.051 Kč	260.453 Kč	273.476 Kč	287.150 Kč	301.507 Kč	316.582 Kč	332.411 Kč	349.032 Kč	366.484 Kč	384.808 Kč	404.048 Kč
návrhnost investice	1.342.181 Kč	1.217.317 Kč	1.086.209 Kč	948.546 Kč	803.999 Kč	652.226 Kč	492.863 Kč	325.533 Kč	149.836 Kč	-34.646 Kč	-228.352 Kč	-431.743 Kč	-645.304 Kč	-869.543 Kč	-1.104.994 Kč	-1.352.217 Kč

Tab. č. 16. Emise znečišťujících látek produkovaných při spalování jednotlivých paliv v daných zdrojích tepla

Hotel Komorní Hůrka

Emise produkované při dodávce 90 GJ tepla z běžných paliv a zdrojů tepla

Znečišťující látky	Jednotka	Hnědé uhlí	Palivové dřevo	Zemní plyn	Elektrický přímotop	Tepelné čerpadlo	Propan
Tuhé kátky	[kgrok ⁻¹]	104,8	102,7	0,1	9,9	3,1	1,0
SO ₂	[kgrok ⁻¹]	177,9	8,2	0,0	49,3	15,6	0,0
NO _x	[kgrok ⁻¹]	27,3	24,7	4,8	41,8	13,2	5,2
CO	[kgrok ⁻¹]	409,1	8,2	1,0	10,5	3,3	1,0
C _x H _y	[kgrok ⁻¹]	80,9	7,3	0,2	0,0	0,0	0,2
CO ₂	[trok ⁻¹]	15,3	8,4	5,9	23,6	7,5	6,5

8. Závěr

V rámci bakalářské práce jsem souhrnně uvedl přehled obnovitelných zdrojů energií se stručným popisem jejich zdroje, formy, výskytu a principu jejich využívání. Z pohledu základních ukazatelů využitelnosti jsou uvedeny i hlavní výhody a nevýhody využití jednotlivých druhů obnovitelných zdrojů energie. Z důvodu velké variability jednotlivých technických řešení jsou pak detailněji rozpracovány pouze varianty, které mají opodstatnění pro praktické uplatnění v Hotelu Komorní Hůrka.

V rámci zjišťování současného stavu při využívání obnovitelných zdrojů energie jsem osobně navštívil uvedená zařízení, a přestože můj požadavek zjistit situaci při využívání obnovitelných zdrojů energie byl oproti ostatním běžným hostům neobvyklý, byl mi ve všech případech umožněn přístup do kotelny a představen způsob vytápění, přípravy teplé užitkové vody a případně ohřevu bazénových vod.

Mimo uvedená zjištění se ve všech případech potvrdil přístup jednotlivých investorů a majitelů, kteří jednoznačně preferují co nejnížší investiční náklady nutné na výstavbu zdroje tepla bez ohledu na budoucí provozní náklady. Z uvedeného pohledu jsou podle mého názoru ve všech navštívených hotelech velké, dosud nevyužívané možnosti využití netradičních zdrojů tepla jak pro vytápění, tak zejména pro celoroční přípravu teplé užitkové vody příp. bazénových vod, jejichž spotřeba je zejména v balneo a wellness provozech celoročně značná.

V praktické části bakalářské práce jsem navrhnul a výpočty doložil možnosti využití obnovitelných zdrojů energií v Hotelu Komorní Hůrka, kde byla variantně navržena instalace tepelného čerpadla vzduch – voda a země – voda v kombinaci s využitím sluneční energie pomocí termických kolektorů.

Vzhledem k uvedeným výsledkům výpočtů doporučuji další, podrobnější rozpracování mnou navržených variant, a to zejména vzhledem k zjištěné ekonomické návratnosti navržených řešení. Návratnost investice se podle zvolené varianty řešení pohybuje od 9 do 12 let. To je při uvažované životnosti zařízení 20 až 25 let méně než polovina této doby. Rovněž nezanedbatelná je pak úspora provozních nákladů na vytápění a ohřev teplé vody včetně pozitivního vlivu využívání obnovitelných zdrojů energií na životní prostředí.

9. Seznam použité literatury

- [1] DVOŘÁK, Z., KLAZAR, L., PETRÁK, J. *Tepelná čerpadla*. Vyd. 1. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1987. 339 s.
- [2] CIHELKA, J. *Solární tepelná technika*. Praha: Malina, 1994. 203 s. ISBN 80-900759-5-9.
- [3] KAMINSKÝ, J., VRTEK, M. *Obnovitelné zdroje energie*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1998. 102 s. ISBN 80-7078-445-8.
- [4] KOPAČÍK P. *Dokumentace provedení stavby*. Jablonec n. N.: FELI v.o.s., 2005
- [5] SRDEČNÝ, K., TRUXA J. *Tepelná čerpadla*. Brno: ERA group s.r.o., 2005. 67 s. ISBN 80-7366-031-8.
- [6] TURNER W. C. *Energy Management Handbook*. 3. vyd. Lilburn: The Fairmont Press, Inc., 1997. 40 s. ISBN: 0-13-728098-X
- [7] METEONORM Version 6.0 – Global Meteorological Database, (2007)
- [8] *AlphaPlan v. 10.5 – Výpočtový program pro návrh tepelných čerpadel Alpha InnoTec*
<<http://www.alpha-innotec.de>> [cit. 2010-05-10].
- [9] *Centrum pro obnovitelné zdroje a úsporu energie*
<<http://www.ekowatt.cz/>> [cit. 2010-02-13].
- [10] *Internetové energetické konsultační a informační středisko*
<<http://www.i-ekis.cz/>> [cit. 2010-02-20].
- [11] *Qualität hat einen Namen Alpha InnoTec GmbH – Luft/Wasser und Sole/Wasser Wärmepumpe*
<http://www.alpha-innotec.de/uploads/AIT_Kapitola_vzduch_voda_2009.pdf> [cit. 2010-05-13].
- [12] *Solární kolektory Buderus – technické parametry*
<<http://www.buderus.cz/produkty/solarni-technika/solarni-kolektory/logasol-skn-3-0.html>> [cit. 2010-02-21].
- [13] *Zákon o životním prostředí*
<<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/1992/sb004-92.pdf>> [cit. 2009-12-02].